

**Validierung eines auf der elektronischen Patientenakte
COPRA basierenden Algorithmus zur Erfassung der Anzahl
erforderlicher Händedesinfektionsereignisse auf einer an-
ästhesiologischen Intensivstation**

**Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades**

doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Konrad Gehring
geboren am 31.03.1991 in Schlema

Gutachter:

1. _____

2. _____

3. _____

Tag der öffentlichen Verteidigung: ____ ____ ____

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	5
1. Zusammenfassung	6
2. Einleitung	8
2.1 Stellenwert der hygienischen Händedesinfektion	8
2.2 Historischer Ursprung der hygienischen Händedesinfektion	10
2.3 Empfehlungen zur Händedesinfektion (WHO-Modell)	11
2.4 Compliance	13
2.4.1 Definition	13
2.4.2 Methoden zur Ermittlung der Händehygiene-Compliance	13
3. Ziele	17
4. Methodik	18
4.1 Studiendesign	18
4.2 Elektronischer Algorithmus	18
4.2.1 Erläuterungen zur Funktionsweise	18
4.2.2 Nutzung als Modell zur Erfassung der Händehygiene-Indikationen	23
4.3 Studienort und Zeitrahmen	23
4.4 Durchführung der direkten Beobachtung der Händedesinfektion	24
4.5 Statistische Auswertung der Messergebnisse	26
5. Ergebnisse	28
5.1 Validierung	28
5.2 Direkte Beobachtung	30
5.2 Ergebnisse des Algorithmus	31
5.3 Vergleich von direkten Beobachtungen und Algorithmus	32
5.3 Compliance und Aufschlüsselung nach Berufsgruppen und Indikationen	36
6. Diskussion	39
6.1 Beurteilung der Ergebnisse	39
6.1.1 Stärken und Schwächen von Algorithmen zur Compliance-Ermittlung	39
6.1.2 Beurteilung des Algorithmus	42
6.2 Limitationen der Arbeit	44

7. Schlussfolgerungen	47
8. Literatur- und Quellenverzeichnis	49
8.1 Literaturverzeichnis	49
8.2 Quellenverzeichnis	52
9. Anhang	53
9.1 Tabellenverzeichnis.....	61
9.2 Abbildungsverzeichnis.....	61
9.3 Lebenslauf.....	62
9.4 Danksagung	63
9.5 Ehrenwörtliche Erklärung	64

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

DSRM	Design Study Research Methodology
HD	Händedesinfektion
ITS	Intensivstation
i.v.	intravenös
KI	Konfidenzintervall
KISS	Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System
LEP	medizinisches Therapie-Dokumentations-System (LEP AG, St. Gallen)
NI	nosokomiale Infektion
NRZ	Nationales Referenzzentrum
PD	Patienten-Tag
p.o.	per os
USA	United States of America
WHO	World Health Organization
WLAN	Wireless Local Area Network

1. ZUSAMMENFASSUNG

Die hygienische Händedesinfektion ist eine der wichtigsten Maßnahmen zur Infektionsprävention. Bisher gilt die direkte Beobachtung als Goldstandard zur Überprüfung der Händehygiene-Compliance. Diese wird jedoch zunehmend aufgrund des hohen zeitlichen, finanziellen und personellen Aufwandes sowie deren Beeinflussung durch den Hawthorne-Effekt in Frage gestellt. Der Hawthorne-Effekt beschreibt ein verändertes Verhalten unter offen stattfindender Beobachtung und führt zu einer Überschätzung der Händehygiene-Compliance.

Die primäre Fragestellung der vorliegenden Arbeit ist, ob man mithilfe eines elektronischen Algorithmus die Mindestanzahl der erforderlichen Händedesinfektionen aus einer elektronischen Patientenakte ermitteln kann, um auf dieser Basis in Kombination mit einer automatisierten elektronischen Erfassung der Händedesinfektions-Ereignisse eine kontinuierliche und objektive Bestimmung der Händedesinfektions-Compliance zu ermöglichen.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Algorithmus hinsichtlich der Genauigkeit bei der Erfassung der Anzahl der Händedesinfektions-Ereignisse zu validieren. Die hierfür notwendigen Beobachtungen fanden von April bis September 2015 auf einer anästhesiologischen Intensivstation des Universitätsklinikums Jena statt. Die parallel dazu algorithmisch aus der elektronischen Patientenakte COPRA extrahierten Daten wurden den Ergebnissen der direkten Beobachtung gegenübergestellt. Es zeigte sich, dass mittels Algorithmus 45% der erforderlichen beobachteten Händedesinfektions-Indikationen erfasst werden können. Dies ist ein insgesamt ungenügendes Ergebnis, um den Algorithmus in dieser Form anwenden zu können.

Eine wesentliche Ursache ist, dass nur ein Teil der Indikationen zur Händedesinfektion in COPRA dokumentiert und vom Algorithmus erfasst werden. Bei der direkten Beobachtung wurden pro zweistündigem Beobachtungsintervall durchschnittlich 66,8 (95%-KI = 60,3 – 73,2) Händedesinfektions-Indikationen mehr registriert. Deutlich wird dies auch durch die breite Streuung der Ergebnisse im Vergleich beider Messverfahren mittels Bland Altman Plot. Weiterhin zeigte sich, dass bestimmte Situationen von beiden Verfahren hinsichtlich ihrer Bedeutung als Händedesinfektions-Indikation unterschiedlich bewertet werden und signifikante Unterschiede bezogen

auf die zeitliche Erfassung bestehen. Demnach waren die Differenzen zwischen beiden Verfahren in der Frühschicht im Median um 15 Indikationen größer als in der Spätschicht ($p=0.015$). Eine Überarbeitung des Algorithmus ist daher erforderlich.

Limitationen des Algorithmus sind die fehlende Zuordnung der Indikationen zu den fünf WHO-Indikationen und die fehlende Erfassung von Indikationen anderer Berufsgruppen (z.B. Physiotherapeuten und Röntgen-Assistenten).

Trotzdem ist die Entwicklung des Algorithmus ein Beitrag zur alternativen Compliance-Bestimmung. Automatisierte Verfahren erwiesen sich in mehreren Studien bereits menschlichen Kontrolleuren darin überlegen, korrekte und valide Daten zu erhalten. Die Kombination aus überarbeitetem Algorithmus und Händehygiene-Monitoring könnte auf diese Weise eine kontinuierliche Kontrolle der Händehygiene über längere Zeiträume an vielen Standorten ermöglichen. Ob damit eine repräsentative Compliance-Berechnung individuell für einzelne Patientenzimmer, Stationen und Kliniken ohne zusätzlichen Personalaufwand realisierbar ist, bleibt zu überprüfen.

2. EINLEITUNG

2.1 STELLENWERT DER HYGIENISCHEN HÄNDEDESINFEKTION

Nosokomiale Infektionen (NI) gehören zu den wichtigsten Komplikationen im Rahmen einer stationären Krankenhausbehandlung (Scheithauer et al. 2011). NI sind durch infektiöse Erreger oder deren Toxine hervorgerufene Infektionen, die bei Aufnahme eines Patienten im Krankenhaus weder manifest noch in der Inkubationsphase waren (Horan et al. 2008). Das bedeutet, dass sie erst während des stationären Aufenthaltes auftreten, aber nicht zwingend kausal auf die medizinische Behandlung zurückzuführen sind (Gastmeier et al. 2010). Alter, Grunderkrankungen und Immunsuppression sind entscheidende patientenabhängige Faktoren für die Entstehung einer NI (Suerbaum et al. 2012). Demgegenüber sind auf therapeutischer Seite insbesondere invasive medizinische Maßnahmen mit einem hohen Risiko zum Erwerb einer NI assoziiert (Deptula et al. 2017). Fehler bei der Durchführung von therapeutischen und pflegerischen Maßnahmen sowie unzureichende Präventionsmaßnahmen können das Risiko für NI ebenfalls deutlich erhöhen.

Infektionen sind die Hauptursache für Morbidität und Mortalität speziell auf Intensivstation (ITS). Weltweite Untersuchungen geben eine NI-Prävalenzrate von 20 – 30% auf ITS an (Erasmus et al. 2010). In Deutschland liegt die NI-Prävalenz auf ITS bei 17,1%, ein mehr als vierfach höherer Wert im Vergleich zu Nicht-Intensivstationen (3,8%) (Behnke et al. 2017). Da NI eine der wichtigsten vermeidbaren Ursachen für Tod und Invalidität bei hospitalisierten Patienten darstellen, sollte deren Prävention ein hoher Stellenwert eingeräumt werden (Boev und Kiss 2017).

Eine große Bedeutung wird dabei der hygienischen Händedesinfektion zugemessen. Sie gilt als wichtigste Einzelmaßnahme bei der Prävention von NI und Transmission von multiresistenten Erregern (Scheithauer et al. 2011). Die Übertragung infektiöser Erreger kann auf endogenem oder exogenem Weg erfolgen. Endogene Erregerquellen sind Körperregionen, die normalerweise durch Mikroorganismen besiedelt sind (z.B. Haut, Nase, Gastrointestinaltrakt). Exogene Infektionen entstehen durch Kontakt mit kontaminierten Oberflächen außerhalb des Patienten, wie z.B. medizinische Geräte, medizinisches Personal und die Patientenumgebung (Horan et al. 2008). Nosokomiale Infektionen sind meist sekundär endogen bedingt, das heißt es kommt

zur Übertragung körpereigener Flora in primär sterile Körperregionen wie zum Beispiel beim unsterilen Legen eines Harnwegskatheters (Sax et al. 2007). Diese sind – ebenso wie exogene Infektionen – oft mit einer unzureichenden Händehygiene assoziiert. Die Rate an NI, die durch adäquate Händehygiene vermeidbar sind, liegt bei 20 – 30% (Gastmeier et al. 2010, Pittet et al. 2000).

Eine suffiziente Umsetzung der Empfehlungen zur Händedesinfektion hat nicht nur eine Bedeutung bei der Morbiditäts- und Mortalitätssenkung im Rahmen von NI, sondern auch bei der Verminderung der verursachten Kosten. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gibt es in Europa ca. fünf Millionen NI pro Jahr. Diese verursachen ca. 25 Millionen zusätzliche Krankenhaustage und Kosten von schätzungsweise 13 – 24 Milliarden Euro (WHO 2009). Für Deutschland liegen diesbezüglich weniger Daten vor. In einer deutschen Studie wurde herausgefunden, dass die zusätzlichen Kosten der klinischen Behandlung, welche nosokomialen Infektionen zugeschrieben werden, zwischen 5800 € und 11.800 € pro infiziertem Patient liegen (Arefian et al. 2016). Die möglichen Einsparungen für das gesamte Gesundheitssystem durch eine effektive Händehygiene können anhand dieser Daten nur grob abgeschätzt werden, übersteigen aber zweifellos die Materialkosten für eine ausreichende Händehygiene um ein Vielfaches. Bereits die Therapiekosten einer schweren postoperativen Infektion oder nosokomial erworbenen Sepsis seien höher als das Jahresbudget für HD-Mittel auf Intensivstationen (Boyce und Pittet 2002). Laut einer Studie von Pittet et al. wurde herausgefunden, dass die Ausgaben für die Förderung der Händehygiene weniger als 1% der NI-Kosten betragen (Pittet et al. 2004). Eine erfolgreiche Händehygiene könnte sich demnach als kosten- und ressourcensparend erweisen. Die Einhaltung der Hygienevorschriften ist insgesamt als essentieller Bestandteil des verantwortungsvollen Patientenumgangs zu sehen (Gastmeier et al. 2010).

Die Prävention und Surveillance von NI sollte laut WHO oberste Priorität in klinischen Settings und Institutionen haben, um die Pflege sicherer zu machen (WHO 2009). Die Händedesinfektion ist dafür ein wertvolles Instrument (Eckmanns et al. 2006), da Händehygiene eine einfache Maßnahme ist und gleichzeitig als stärkste Präventionsmethode bei Infektionen erachtet wird (Marra et al. 2014).

2.2 HISTORISCHER URSPRUNG DER HYGIENISCHEN HÄNDEDESINFEKTION

Die Händehygiene spielte bereits im Altertum eine Rolle, obwohl die Bedeutung als Transmissionsschutz von Erregern noch nicht bekannt war. In vielen Kulturen und Religionen existieren schon seit Jahrhunderten Rituale, die das Händewaschen als Ausdruck der körperlichen und seelischen Reinigung beinhalten.

Einer der ersten, der in der Händehygiene eine infektionsvorbeugende Maßnahme erkannte, war Ignaz Semmelweis. Ausgangspunkt war seine Beobachtung, dass Wöchnerinnen häufiger an Kindbettfieber erkrankten, wenn sie von Ärzten und Studenten untersucht worden waren, die zuvor Leichen seziiert hatten. In seinem 1861 erschienenen Werk „Die Ätiologie, der Begriff und die Prophylaxis des Kindbettfiebers“ beschreibt er, dass ein Professor an Symptomen des Kindbettfiebers erkrankte und starb, nachdem ein Student ihn bei einer Sektion verletzt hatte (Semmelweis 1905). Da dabei offensichtlich die gleiche Erkrankung auftrat, die sonst nur Wöchnerinnen betraf, schlussfolgerte Semmelweis, es müsse dabei zur „Einimpfung von Cadavertheilen“ gekommen sein. Er verstand darunter „zersetzte organische thierische Stoffe“, die durch Resorption ins Gefäßsystem gelangen und daher zuvor durch chemische Einwirkung zerstört werden müssten. Darüber hinaus vermutete er auch aerogene Erregertransmission durch „mit Jauchetheilen geschwängerte Luft“, weshalb er sich dafür aussprach, Patienten mit offenen Wunden zu isolieren (Semmelweis 1905).

Indem er die untersuchenden Finger der Ärzte und Studenten als Träger der „Cadavertheile“ beschrieb, identifizierte er die Hände als Übertragungsmedium der Krankheitserreger. Durch die Einführung der Händewaschung mit Chlorkalk vor der körperlichen Untersuchung der Wöchnerinnen konnte Semmelweis nachweisen, dass die Sterblichkeit des Kindbettfiebers deutlich gesenkt wurde. Damit lieferte er die erste Evidenz, dass Händewaschen mit antiseptischen Substanzen nosokomiale Infektionen und die Übertragung von Krankheitserregern vermeiden kann (Boyce und Pittet 2002).

2.3 EMPFEHLUNGEN ZUR HÄNDEDESINFEKTION (WHO-MODELL)

Im Jahr 2007 wurden fünf allgemeine Indikationen zur HD durch die WHO definiert (Abbildung 1), die bis heute aktuell sind. Sie lassen sich auf alle transmissionsrelevanten Tätigkeiten im medizinischen Bereich anwenden und machen eine Vielzahl an unübersichtlichen Einzelindikationen entbehrlich.

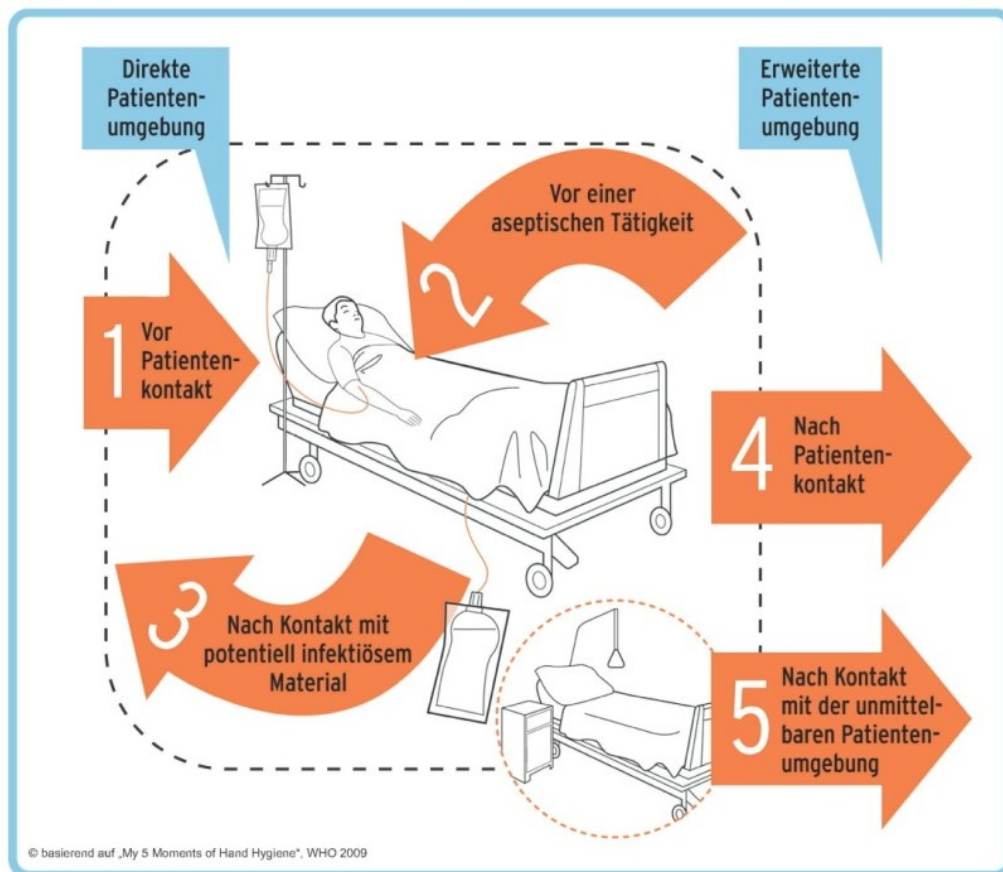


Abbildung 1: fünf Indikationen der hygienischen Händedesinfektion

Dieses sogenannte „Five-Moments“-Modell der WHO soll Praktikabilität mit Einfachheit vereinen und mit dem mikrobiologischen Risiko kompatibel sein. Ein weiterer Vorteil ist, dass dieses Modell sowohl für Trainer und Beobachter als auch für das Personal kongruent ist und Ergebnisse vergleichbar macht (WHO 2009). Einen Schwachpunkt des WHO-Modells stellt die fehlende Wichtung der fünf Indikationen dar. Erst Sax et al. legten Grundregeln für eine Priorisierung fest (Sax et al. 2009). Die praktische Bedeutung dessen liegt u.a. in den sogenannten Doppelindikationen, die im Rahmen der medizinischen Tätigkeiten auftreten können. Eine Doppelindikation bezeichnet zwei unmittelbar aufeinanderfolgende Indikationen zur Händehygiene, die zusammengefasst werden können und somit nur eine Händedesinfektion erforder-

dern. Gewertet wird in diesem Fall die jeweils höherwertige Indikation. Dabei gilt laut Sax et al. folgende Reihenfolge mit absteigender Wertigkeit: vor aseptischer Tätigkeit, nach Kontakt mit potenziell infektiösen Materialien, nach Patientenkontakt, vor Patientenkontakt, nach Kontakt mit der direkten Patientenumgebung (Sax et al. 2009).

Die adäquate alkoholische Händedesinfektion wird mit 3 ml eines Desinfektionsmittels durchgeführt, das zu ca. 70 % Alkohol enthält (WHO 2009). Es ist in den Händen gründlich zu verrieben, bis die Haut trocken ist (Pittet et al. 2009). Die Einwirkzeit sollte mindestens 20-30 Sekunden betragen (Marques et al. 2017). In Abbildung 2 sind die einzelnen Schritte der korrekten Händedesinfektion dargestellt.



Abbildung 2: korrekte Durchführung der hygienischen Händedesinfektion

Schon lange ist bekannt, dass die alkoholische Händedesinfektion ein optimales Bakterienspektrum erfasst, hautschonender ist und effektiver Bakterien abtötet als das Händewaschen mit Wasser und Seife (Boyce und Pittet 2002). Entgegen anfänglicher Zweifel konnte belegt werden, dass unter Verwendung der alkoholischen HD mit zugesetzten rückfettenden Substanzen weniger Hautschäden und -irritationen auftreten. In einer Studie von Larson et al. wurde zudem eine Reduktion der Materialkosten um 50% im Vergleich zu antimikrobieller Seife beschrieben (Larson et al. 2001). Das Händewaschen mit Wasser und Seife wird lediglich bei sichtbarer Ver-

schmutzung der Hände empfohlen (WHO 2009) und um bakterielle Sporen (z.B. bei Kontakt zu *Clostridium difficile*-Erregern) von der kontaminierten Hautoberfläche zu beseitigen (Boyce und Pittet 2002).

2.4 COMPLIANCE

2.4.1 Definition

Compliance wird definiert als „Grad, in dem das Verhalten einer Person in Bezug auf die Einnahme eines Medikamentes, das Befolgen einer Diät oder die Veränderung des Lebensstils mit dem ärztlichen oder gesundheitlichen Rat korrespondiert“ (Haynes 1986). Der Begriff hat seither eine Entwicklung erfahren und wird allgemeiner als „Ausführung von Verhaltensweisen, die aufgrund eines Gebotes, einer Vorschrift, Empfehlung oder Vereinbarung als richtungsweisend vorgegeben sind“, gefasst (Schwarzer 2005). Bezogen auf die vorliegende Arbeit kann Compliance eines Mitarbeiters im Gesundheitswesen als das Befolgen der WHO-Empfehlungen zur Durchführung der hygienischen Händedesinfektion verstanden werden.

2.4.2 Methoden zur Ermittlung der Händehygiene-Compliance

Es existieren unterschiedliche Methoden zur Bestimmung der Compliance, die sich in drei Gruppen mit eigenen Vor- und Nachteilen einteilen lassen. Im Folgenden wird 1) die direkte Beobachtung von 2) indirekten Messmethoden sowie 3) der HD-Erfassung mittels technischer Geräte unterschieden.

1) Bei der direkten Beobachtung wird das klinische Personal von geschulten Hygienemitarbeitern hinsichtlich des Händehygieneverhaltens während der Arbeit beurteilt. Dabei können sowohl die Anzahl der Indikationen als auch die Anzahl der tatsächlich erfolgten HD-Ereignisse bestimmt werden. Weiterhin sind auch die Erfassung von nicht indizierten Händedesinfektionen sowie ein direktes Feedback möglich (Scheithauer et al. 2011). Eine Variante stellt die direkte Beobachtung auf Basis von Videoaufzeichnungen dar (Armellino et al. 2012). Die direkte Beobachtung wird als Gold-Standard in der Ermittlung der Händehygiene-Compliance gesehen (Allegranzi et al. 2013, Schwadtke et al. 2014).

2) Statt der direkten Erfassung der Compliance können auch Surrogat-Parameter wie z.B. der Desinfektionsmittelverbrauch gemessen werden. Die Quantifizierung der verbrauchten Menge lässt Rückschlüsse auf die Compliance zu (Tejada und Be-

arman 2015). Als Beispiel sei das Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System HAND-KISS des NRZ (Nationales Referenzzentrum für Surveillance von NI) genannt, das den HD-Mittelverbrauch auf ITS misst.

3) In den letzten zwei Jahrzehnten haben zunehmend elektronische Überwachungssysteme zur Optimierung bzw. Überwachung der Händedesinfektion Einzug in die Praxis gefunden. Unter anderem kann mithilfe von Sensoren, die mit Radiowellentechnologie arbeiten, registriert werden, ob ein Krankenhausmitarbeiter zuvor eine HD durchgeführt hat. Dies wird durch spezielle WLAN-fähige Identifikationschips ermöglicht, die vom Personal mitgeführt werden und bei Betätigung eines WLAN-Spenders aktiviert werden. Mithilfe des Radiowellensensors kann dem Personal ein Feedback über die Desinfektionsleistung durch Auslösung von grünen und roten Lichtsignalen gegeben werden (Marra et al. 2014). Darüber hinaus gibt es Systeme, die elektronisch erfassen, ob ein Händedesinfektionsspender betätigt wurde und bei Betätigung die Anwendung, z.B. via WLAN, weiterleiten.

Bis jetzt konnte sich jedoch keines dieser Verfahren als Standardmethode für die Compliance-Messung etablieren, da insbesondere die Soll-Anzahl der HD-Indikationen nicht ermittelt werden kann. Mithilfe elektronischer Methoden ist unmittelbares Feedback gegenüber dem Mitarbeiter nicht möglich, jedoch können der personelle Aufwand sowie der durch Personen verursachte Bias minimiert werden (Walker et al. 2014).

Obwohl die direkte Beobachtung immer noch die am häufigsten angewendete Methode darstellt (in 90% der Studien laut der Übersichtsarbeit von Erasmus et al. 2010), ist sie mit mehreren Nachteilen verbunden. Verglichen mit den anderen genannten Methoden ist sie zeit-, personal- und kostenintensiv (Scheithauer et al. 2011). Zudem stellt die Beeinflussung der Ergebnisse durch den Hawthorne-Effekt ein weiteres Problem dar. Auch der Observer-Bias spielt eine Rolle, bei dem das Wissen der Beobachter um die Ziele der Studie die Durchführung der Beobachtung beeinflussen kann (Dhar et al. 2010). Die zwischen einzelnen Studien differierenden Beobachtungsmethoden und Beobachter machen zudem direkte Vergleiche zwischen Krankenhäusern schwierig.

Eine kontinuierliche Erfassung der Compliance ist ebenfalls nicht möglich, da die Beobachtungen meist nur werktags während der Kernarbeitszeiten stattfinden (Morgan

et al. 2012). Der Anteil der dabei erfassten Händedesinfektionen ist ebenfalls gering. Van de Mortel und Murgo stellten fest, dass lediglich 0,4% der im Beobachtungszeitraum auf einer ITS anfallenden Indikationen von den Beobachtern registriert wurden (van de Mortel und Murgo 2006). In einer kanadischen Arbeit wird dieser Anteil sogar mit weniger als 0,1% angegeben (Muller 2016). Der Autor der Studie sprach sich dafür aus, die direkte Beobachtung zu verlassen und dafür objektive und reproduzierbare Methoden anzuwenden.

Marra et al., welche die direkte Beobachtung mit Desinfektionsmittelverbrauch und automatisierten Spendern verglichen, haben ebenfalls die direkte Beobachtung als Gold-Standard in Frage gestellt. Grund dafür ist, dass weder zwischen direkter Beobachtung und elektronischem Monitoring noch zwischen direkter Beobachtung und Desinfektionsmittelverbrauch ein Zusammenhang festgestellt werden konnte, während elektronische Messungen und Desinfektionsmittelverbrauch gut miteinander korrelierten (Marra et al. 2010).

Doch auch die beiden letztgenannten Messverfahren haben Nachteile. So führt Feedback bei der Abschätzung mittels Desinfektionsmittelverbrauch nicht zu einer Verbesserung der Händehygiene (Marra et al. 2014). Eine Verfälschung der Ergebnisse ist auch durch die Entsorgung unverbrauchten Desinfektionsmittels möglich. Das Hauptproblem elektronischer Messverfahren bzw. der Messung des Desinfektionsmittelverbrauchs ist jedoch, dass bei alleiniger Anwendung weder zwischen allen fünf Indikationen (WHO-Modell) unterschieden noch die Compliance direkt ermittelt werden kann (Morgan et al. 2012). Es bedarf dafür zusätzlich der Angabe der Anzahl anfallender Indikationen.

Dies verdeutlicht, dass bislang kein Messinstrument existiert, das alle Anforderungen an einen idealen Indikator für Händehygiene erfüllt (Boyce 2008, Braun et al. 2009). Sax et al. nennen Kriterien eines solchen Indikators, wonach dieser möglichst fehlerfrei und exakt die sachgemäße Durchführung der Händehygiene messen sollte (Sax et al. 2009). Dazu sei eine Technologie notwendig, die nicht mit dem Verhalten des Personals interferiere. Weiterhin solle der ideale Indikator eine hohe Reliabilität für die einzelnen HD-Indikationen bei möglichst geringem finanziellem und personellem Aufwand aufweisen.

Der in der vorliegenden Arbeit angewendete Algorithmus wurde vor diesem Hintergrund entwickelt, um die Indikationen zur Händehygiene elektronisch zu erfassen. Eine Indikation steht dabei für eine Situation, die eine HD erforderlich macht.

Zu erwarten ist, dass der Algorithmus die Anzahl der tatsächlich erforderlichen HD-Indikationen unterschätzt, da nicht alle Situationen, die eine HD erfordern, in der elektronischen Patientenakte dokumentiert werden. Dennoch ergibt sich daraus die Überlegung, dass mit diesem Verfahren eine HD-Mindestanzahl angegeben werden könnte, welche die dokumentierten Situationen zur Händehygiene darstellt.

3. ZIELE

Ziel der Arbeit ist es, einen Algorithmus zu entwickeln und zu validieren, mit dem man die Mindestanzahl der erforderlichen Händedesinfektions-Ereignisse aus der elektronischen Patientenakte auf einer Intensivstation objektiv und automatisch ermitteln kann. In Kombination mit einer elektronischen Erfassung der durchgeführten Händedesinfektionen könnte somit die Compliance bestimmt werden.

4. METHODIK

4.1 STUDIENDESIGN

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine prospektive Observationsstudie, die in Vierbettzimmern der anästhesiologischen Intensivstation 1 des Universitätsklinikums Jena durchgeführt wurde.

4.2 ELEKTRONISCHER ALGORITHMUS

Das Programm wurde in Kooperation mit der Firma OPHARDT Hygiene AG (Issum, Deutschland) und Informationsbridge (Neu-Isenburg, Deutschland) entwickelt. Grundlegende Anforderung an das Programm ist, dass es zuverlässig die Anzahl der erforderlichen Händedesinfektions-Ereignisse aus der elektronischen Patientenakte (COPRA 5) fortlaufend automatisch ermittelte. Im ersten Schritt mussten zunächst alle durch das Pflegepersonal dokumentierten Aktivitäten hinsichtlich ihrer Bedeutung als Händedesinfektionsereignis bewertet werden. Hierfür wurden Positiv- und Negativ-Listen erstellt, die auf dem „Five-Moments“-Modell der WHO für Händehygiene (Sax et al. 2007, Sax et al. 2009) basierten.

Für den Algorithmus wurde ein Händedesinfektionsereignis (HD-Ereignis) so definiert, dass es für zwei erforderliche Händedesinfektionen steht, da eine einzelne Tätigkeit immer zwei Indikationen beinhaltet. Beispielsweise muss bei einer pflegerischen Maßnahme, z.B. Umlagerung eines Patienten, jeweils vor und nach Patientenkontakt eine Händedesinfektion erfolgen. Weiterhin wurde festgelegt, dass bestimmte Tätigkeiten, die zeitlich nah beieinander erfolgten, nur als ein HD-Ereignis im Algorithmus gezählt werden sollen. So wurde beispielsweise bei der zeitgleichen Applikation mehrerer intravenöser Medikamente bei einem Patienten nur ein HD-Ereignis im Algorithmus dokumentiert. Die Datenerfassung erforderte einen Zugriff auf das Patienten-Daten-Management-Systems COPRA 5, welcher über eine MySQLTM-Datenbank ermöglicht wurde.

4.2.1 Erläuterungen zur Funktionsweise

Das COPRA-System besitzt 20 Aktenseiten (Reiter) pro Patientenakte, davon sind die Seiten 1 und 7 für den Algorithmus relevant. Aktenseite 1 beinhaltet alle Medika-

mentengaben. Auf Aktenseite 7 sind die durchgeführten Pflegemaßnahmen am Patienten sowie an vorhandenen Gefäßkathetern und Endotracheal-Tuben dokumentiert. Nachfolgend werden die im Algorithmus definierten Ereignisse spezifiziert:

- die kontinuierliche Medikamentengabe wurde entsprechend dem erforderlichen Wechsel des Infusionssystems (WHO Indikationen: „vor aseptischer Tätigkeit“, „nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material“) nur einmal pro Beobachtungszeitraum (= 24 Stunden) als erforderliches HD-Ereignis gezählt
- eine Dosisänderung kontinuierlich gegebener Medikamente (z.B. von 5 ml/h auf 10 ml/h) wertet das Programm als einzelnes HD-Ereignis (entsprechend WHO-Indikation „nach Kontakt mit der direkten Patientenumgebung“)
- diskontinuierliche Medikamentengaben wurden als ein HD-Ereignis (WHO-Indikation: „vor aseptischer Tätigkeit“, „nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material“) gezählt, auch wenn mehrere Medikamente zur gleichen Zeit appliziert wurden
- die Verabreichung (i.v. und p.o.) von einem oder mehreren Medikamenten zum selben Zeitpunkt wurde als ein erforderliches HD-Ereignis gezählt, da davon auszugehen ist, dass diese auf einmal appliziert werden und somit nur eine HD vorher und nachher erforderlich ist
- für die Pflegemaßnahmen wurden Gruppen erstellt, die zu einem HD-Ereignis zusammengefasst werden konnten (z.B. Lagerung plus Mobilisation)
- Pflegemaßnahmen, bei denen immer eine HD notwendig ist, unabhängig davon, ob sie in dem Kontext einer größeren Gruppe von Pflegemaßnahmen durchgeführt wurde, wurden als ein zusätzliches HD-Ereignis interpretiert, z.B. endotracheales Absaugen (HD-Ereignis, Indikationen: „vor aseptischer Tätigkeit“, „nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material“) plus Mundpflege (HD-Ereignis, Indikationen: „vor aseptischer Tätigkeit“, „nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material“) im Rahmen der Körperpflege (HD-Ereignis, Indikationen: „vor Patientenkontakt“, „nach Kontakt mit der direkten Patientenumgebung“) = drei durch den Algorithmus dokumentierte HD-Ereignisse
- die Relevanz als HD-Indikation kann durch den Algorithmus anhand von Positiv- und Negativ-Tabellen beurteilt werden, die anhand der in COPRA hinterlegten Listen erstellt wurden
- liegen zwei HD-Ereignisse zeitlich mehr als 30 Minuten voneinander entfernt, so werden sie als zwei Indikationen gewertet; HD-Ereignisse mit weniger als

30 Minuten Abstand zählen als einzelnes HD-Ereignis im Sinne einer Doppelindikation (Grund hierfür ist, dass das Raster, in dem die Dokumentation in COPRA 5 erfolgt, in Intervalle von 30 Minuten unterteilt ist (Abbildung 4))

- jede Tätigkeit an einem Katheter oder Tubus wird als ein HD-Ereignis definiert

Die Datenerfassung aus der Datenbank MySQL™ erfolgte zunächst im Sinne einer Grundselektion in Datentabellen, wie sie exemplarisch in Abbildung 3 dargestellt ist.

DatID	VarID	vString		Datum_fuer_wann	Datum_wann
111232	16842768	Rü+OK30	☞☞	2013-01-19 15:15:00	2013-01-19 15:27:34
111232	16842768	Rü+OK30	☞☞	2013-01-19 17:05:00	2013-01-19 18:24:12
111232	16842768	Rü+li+re+OK30	☞☞	2013-01-19 20:05:00	2013-01-19 20:20:27
111232	22086021	bew/mobi	☞☞	2013-01-19 19:55:00	2013-01-19 21:22:17
111232	22086428	Dbew+Lag	☞☞	2013-01-19 19:55:00	2013-01-19 21:22:17
111232	18612274	Ww/kompl+betten+Betten m. 2 PK	☞☞	2013-01-19 19:55:00	2013-01-19 21:22:17
111232	18612248	Gel+Lager+De.pro.n.S.	☞☞	2013-01-19 20:00:00	2013-01-19 21:22:17
111232	18612248	Lager	☞☞	2013-01-20 00:00:00	2013-01-20 02:22:29
111232	18612274	betten	☞☞	2013-01-20 00:00:00	2013-01-20 02:22:29
111232	22086021	bew/mobi	☞☞	2013-01-20 00:00:00	2013-01-20 02:22:29
111232	22086021	Hepa+bew/mobi	☞☞	2013-01-20 01:30:00	2013-01-20 02:22:29

Abbildung 3: Datentabelle Pflegemaßnahmen

Jedem Patienten wurde eine Identifikationsnummer (DatID) zugeordnet und die Auswertung somit anonymisiert. Die einzelnen Tätigkeiten aus den Wertetabellen wurden unter der Spalte „vString“ mittels Kürzel aufgelistet und eine Nummer „VarID“ zugeordnet. Die Spalten „Datum_fuer_wann“ und „Datum_wann“ enthalten Informationen darüber, wann bzw. für welchen Zeitraum die Tätigkeit vom Pflegepersonal in die Patientenakte eingetragen wurde. Die Eingaben auf der COPRA-Oberfläche (Abbildung 4) wurden in verschiedene Datentabellen für Medikamentengabe, Pflegemaßnahmen (Abbildung 3) sowie Katheter und Tuben eingepflegt.

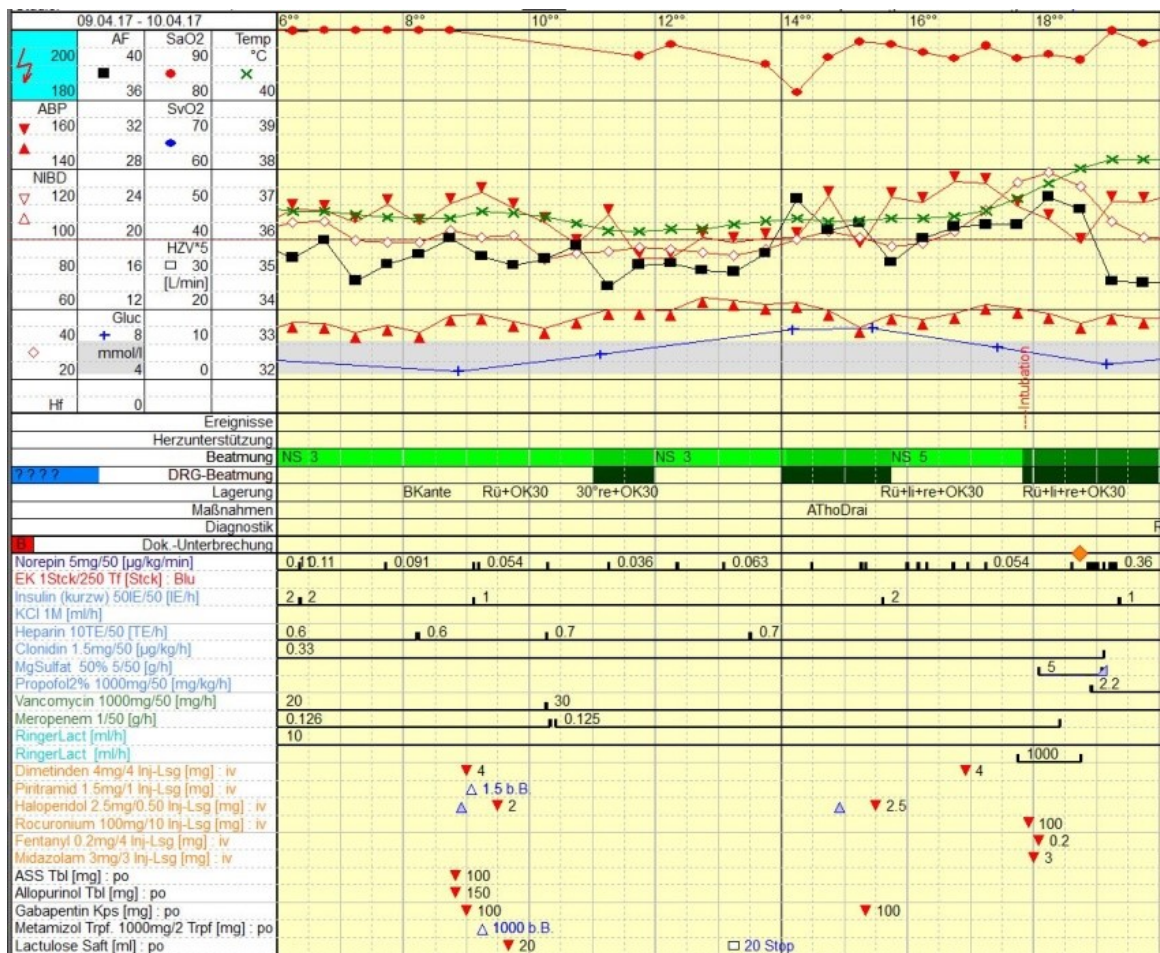


Abbildung 4: Beispieldarstellung COPRA-Oberfläche

Wie in Abbildung 5 ersichtlich, wurde jede dokumentierte Tätigkeit („CopraRang“) einem Bestandteil der COPRA-Akte zugeordnet („Abschnitt“). Allerdings stellt nicht jede Tätigkeit auch gleichzeitig ein relevantes HD-Ereignis dar. Je nachdem, ob die dokumentierte Aktion gemäß der unter 2.2.1 genannten Kriterien als relevantes HD-Ereignis definiert ist, wurde sie in der Spalte „sum_rel“ mit „1“ für „relevant“ oder mit „0“ für „nicht relevant“ bewertet. Dabei werden beispielsweise alle HD-Gelegenheiten des Abschnitts „Pflege“, die mit weniger als 30 Minuten Abstand eingetragen wurden, in der Summe nur mit einem relevanten HD-Ereignis versehen.

1	DatumPer	Zimmer	Bett	Datum_fuer_wann	Abschnitt	CopraRang	sum_rel
2	01.05.2015	Z01	BI01	2015-04-30T16:25:00	Medikamente	kont_Med_18	1
3	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T00:50:00	Medikamente	diskont_Med_24	1
4	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T01:00:00	Medikamente	diskont_Med_20	0
5	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T01:20:00	Pflege	Ente	1
6	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T03:00:01	Medikamente	diskont_Med_22	1
7	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T03:55:00	Medikamente	diskont_Med_24	1
8	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T03:55:00	Pflege	Ente	1
9	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T04:10:00	Pflege	re	0
10	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T04:20:00	Pflege	Arme+Hände+Beine+Lag	0
11	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T04:25:00	Pflege	Rü+OK30	0
12	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T04:25:00	Pflege	bew/mobi	0
13	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T04:40:00	Pflege	betten	1
14	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T04:45:00	Pflege	Lager+Mobil+De.pro.n.S.	0
15	01.05.2015	Z01	BI01	2015-05-01T05:00:00	W-Druck	3-W-Hahn	1

Abbildung 5: Dateiausschnitt „out_Ophardt_DEBUG.csv“ für den 1.05.2015

Aus dieser Datei wurden alle relevanten Händedesinfektions-Ereignisse ausgewählt, die an einem bestimmten Beobachtungsdatum in dem jeweiligen zweistündigen Observationszeitraum durch das Programm errechnet worden waren. Da der Algorithmus jeden der Bettplätze einzeln erfasst, wurde die absolute HD-Anzahl für jeden einzelnen Bettplatz des Vierbettzimmers, in dem die Beobachtung stattgefunden hatte, gezählt und als Gesamtsumme zusammengefasst.

Die bisher beschriebene technische Umsetzung erfolgt zunächst durch die Speicherung der dokumentierten Tätigkeiten in der Datenbank, während die Gruppierung der einzelnen Maßnahmen zu einem HD-Ereignis durch das entwickelte Programm umgesetzt wurde. Dafür wurde mittels des Open-Source-Transformationswerkzeugs Talend © Open Studio 5.5.0 ein Transformationsprozess erstellt, welcher mithilfe der aus COPRA extrahierten Daten die Anzahl der erforderlichen HD-Ereignisse ermittelt.

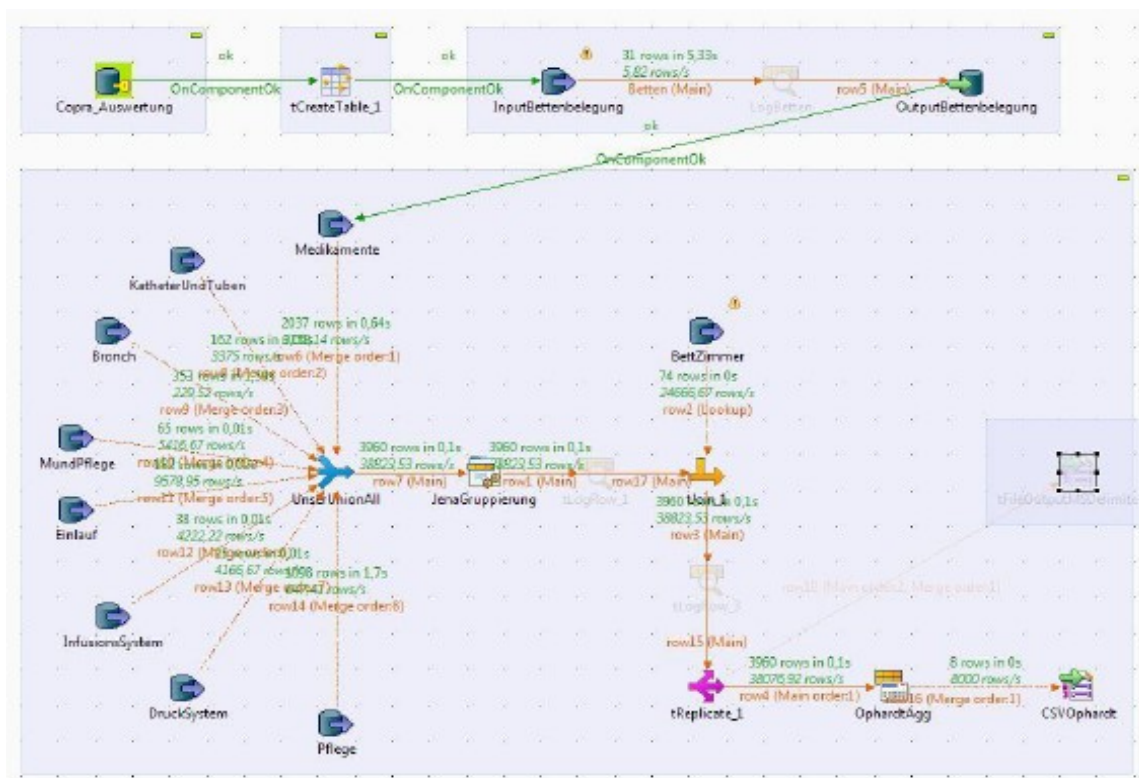


Abbildung 6: schematische Darstellung der Talend Transformation

Die wichtigste Komponente dabei stellt der Programmteil JenaGruppierung dar. Damit können mehrere zeitlich nah beieinanderliegende Maßnahmen einer Gruppe als ein einzelnes HD-Ereignis gezählt werden (Abbildung 6). Durch das Programm wird jedes einzelne HD-Ereignis geprüft, ob es gezählt werden muss oder nicht. Die Lo-

gik, welche Abfragen gruppiert werden sollen, ist über fest zugeordnete Werte im Programm hinterlegt.

Anschließend erfolgt der Export der Talend-Komponenten. Die transformierten Daten werden mit den verwendeten Abhängigkeiten als ZIP-Archiv gespeichert. In dieser Form wurden die extrahierten und verschlüsselten Daten über einen Klinikums-internen Webmail-Account täglich zur Auswertung zugänglich gemacht.

4.2.2 Nutzung als Modell zur Erfassung der Händehygiene-Indikationen

Mithilfe dieses Algorithmus können die in COPRA dokumentierten Tätigkeiten hinsichtlich ihrer Bedeutung als Indikation zur Händehygiene rein automatisch bewertet werden. Mit dem Algorithmus allein ist keine vollständige Beurteilung der Händehygiene-Compliance möglich, da lediglich die erforderlichen HD-Ereignisse (Soll-Anzahl) angegeben werden können. Zur Errechnung der Compliance sind zusätzlich die tatsächlich durchgeführten HD-Ereignisse (Ist-Anzahl) erforderlich, welche üblicherweise durch direkte Beobachtung ermittelt werden. Diese wurden für die vorliegende Arbeit im Rahmen der nachfolgend beschriebenen direkten Beobachtungen erhoben, könnten aber prinzipiell auch auf elektronischer Basis erfasst werden.

Um zu prüfen, wie gut der Algorithmus die mindestens erforderliche HD-Anzahl ermittelt, wurde ein Vergleich mit den tatsächlich in der Praxis anfallenden Indikationen mittels direkter Beobachtung durchgeführt.

4.3 STUDIENORT UND ZEITRAHMEN

Die prospektive Datenerhebung erfolgte von April bis September 2015 auf der Intensivstation 1 der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin des Universitätsklinikums Jena. Die Station mit dem Schwerpunkt der postoperativen Versorgung herzhoraxchirurgischer Patienten umfasst insgesamt 24 Betten. Diese sind in Ein-, Zwei- und Vierbettzimmer unterteilt, wobei die Beobachtungen ausschließlich in letzteren stattfanden, da dort die höchste Anzahl an erforderlichen HD-Ereignissen zu erwarten ist.

Die Schichtdauer auf Intensivstation beträgt jeweils 8,5 Stunden inklusive halbstündiger Pause, dabei erstreckt sich die Frühschicht von 6.00 – 14.30 Uhr, die Spätschicht von 14.00 – 22.30 Uhr und die Nachtschicht von 22.00 – 6.30 Uhr. Die überlappenden Zeiten werden jeweils zur Dienstübergabe genutzt.

4.4 Durchführung der direkten Beobachtung der Händedesinfektion

Der Autor wurde vor Aufnahme der Beobachtungen durch Hygienefachpersonal geschult. Nach erfolgter Schulung wurde die Korrelation der Beobachtungsergebnisse von Autor und Hygienefachpersonal ermittelt (s.u.).

Beobachtungen erfolgten immer unangekündigt in den Vierbettzimmern, wo meist zwei Pflegekräfte gleichzeitig tätig waren. Die Zimmer wurden jeweils zufällig vor einer Beobachtungsepisode ausgewählt. Alle Beobachtungen wurden durch den Autor dieser Arbeit selbst durchgeführt und fanden offen statt, d.h. das Pflegepersonal wurde zu Beginn jeder Messeinheit über die Erfassung des Händehygieneverhaltens informiert. Der Autor stellte sich dem Personal jeweils vor und begründete die Beobachtungsmaßnahme damit, dass sie der Validierung eines Programms diene, welches aus der elektronischen Patientenakte die Anzahl der erforderlichen Händedesinfektionen errechnen könne. Mündliches Feedback zur Händehygiene-Compliance wurde nicht gegeben - es sei denn, das Personal fragte ausdrücklich danach. Um eine aussagekräftige Datenmenge zu erzeugen, wurden 62 Messeinheiten zu je zwei Stunden Dauer absolviert. Diese ergaben somit insgesamt 124 Stunden Beobachtungsdauer. Die Messungen fanden sowohl an Wochentagen als auch an Feiertagen bzw. am Wochenende statt, da der Arbeitsaufwand auf Intensivstation unabhängig vom Wochentag ist. Demgegenüber ist er tagsüber deutlich größer als in der Nacht, weshalb für die Beobachtungen nur Früh- oder Spätschicht ausgewählt wurden. Während der Nachtschicht wurden aus diesem Grund und mit Rücksicht auf die Nachtruhe der Patienten keine Beobachtungen durchgeführt. Die Datenerfassung erfolgte mittels eines standardisierten Beobachtungsbogens, auf dem Berufsgruppe und Indikation erfasst wurden sowie ob die erforderliche Händedesinfektion (HD-Gel.) durchgeführt wurde oder nicht (Anhang, Abbildung 7). Weiterhin enthält er Angaben zu Datum, Beginn und Ende der Beobachtungsperiode, Zimmernummer, Anzahl der betreuenden Pflegekräfte (PF) und Anzahl der Patienten (Pat.) im Zimmer sowie nicht indizierte Händedesinfektionen.

Wenn in dem zweistündigen Beobachtungsintervall eine Indikation zur Händedesinfektion auftrat, wurde die agierende Person zunächst einer der vier verschiedenen Berufsgruppen (Tab. 1) zugeordnet. Die Berufsgruppe 4 (Pflegeschüler/in) wurde nicht erfasst, da sie zu selten vertreten war, um eine aussagekräftige Datenmenge zu generieren.

Tabelle 1: Berufsgruppen

Berufsgruppe	Verschlüsselung in der Arbeit
Arzt/Ärztin	Berufsgruppe 1
Gesundheits-und Krankenpfleger/in	Berufsgruppe 2
Medizinstudent/in	Berufsgruppe 3
Andere (Röntgenassistent/in, Physiotherapeut/in o.ä.)	Berufsgruppe 5

Nachfolgend wurde die auftretende Indikation einer der fünf möglichen Indikationen entsprechend der weltweiten Empfehlung der Weltgesundheitsorganisation („My 5 Moments for Hand Hygiene“, (Sax et al. 2007)) zugeordnet (Tab. 2). Händehygiene-Ereignisse, die nicht einer der fünf Indikationen entsprachen, wurden als „nicht indizierte Händedesinfektion“ ohne Verschlüsselung nach Berufsgruppe und Indikation auf dem Beobachtungsbogen vermerkt.

Zuletzt wurde jede auftretende Indikation danach bewertet, ob die erforderliche Händedesinfektion erfolgte oder nicht. Flüssigkeitsvolumen pro Desinfektion sowie Art der Durchführung wurden nicht bewertet. Desinfektionen von Besuchern und Handschuhdesinfektionen beim Personal wurden ebenfalls nicht als Händehygiene-Ereignisse gezählt.

Tabelle 2: Indikationen

Indikation	Verschlüsselung in der Arbeit
vor Patientenkontakt	Indikation 1
vor aseptischer Tätigkeit	Indikation 2
nach Kontakt mit potenziell infektiösem Material	Indikation 3
nach Patientenkontakt	Indikation 4
nach Kontakt mit der direkten Patientenumgebung	Indikation 5

4.5 STATISTISCHE AUSWERTUNG DER MESSERGEBNISSE

Die Daten wurden in Excel © 2010 und SPSS Statistics Version 24.0 (IBM) tabellarisch eingepflegt und ausgewertet. Weiterhin wurden die Differenzen aus beobachteter und errechneter (im Folgenden auch als „erforderlich“ bezeichnet, da die programmatisch ermittelte Anzahl den Soll-Wert angibt) Anzahl gebildet und daraus der Prozentanteil berechnet, um welchen die beobachteten HD-Ereignisse die erforderlichen jeweils übersteigen.

Die Compliance wurde nach der Formel

$$\text{Compliance} = \frac{\text{Anzahl beobachteter erfolgter HD}}{\text{Anzahl beobachteter Indikationen}}$$

ermittelt (Tartari et al. 2017). Für die einzelnen Berufsgruppen und Indikationen wurde nach der gleichen Weise verfahren, um ein differenziertes Bild der Compliance zu erhalten.

Der Bland Altman Plot wurde erstellt, um das Compliance-Messverfahren mittels Algorithmus mit der direkten Beobachtung zu vergleichen. Er wurde gewählt um zu prüfen, ob eine Methode die andere mit ausreichender Präzision im Hinblick auf den Zielparameter (in diesem Fall die Anzahl der HD-Indikationen) ersetzen könne (Altman und Bland 1983). Die Darstellung in einem Diagramm, in dem Differenzen und Mittelwerte gegeneinander aufgetragen sind, ermöglichte eine Aussage darüber, wie groß die Streubreite der Abweichungen beider Methoden voneinander ist. Es erfolgte zusätzlich eine Regressionsanalyse mit SPSS Statistics, um zu untersuchen, ob die Streuung über den gesamten Wertebereich konstant bleibt.

Weiterhin wurde ein Zweistichproben-T-Test durchgeführt mit der Fragestellung, ob die zwei Messmethoden etwaige Übereinstimmungsunterschiede zwischen Früh- und Spätschicht aufweisen. Dabei wurde die Gleichheit der Mittelwerte der Methoden überprüft (Cressie und Whitford 1986).

Zur Validierung der Messgenauigkeit zwischen Hygienefachpersonal und Autor erfolgte die Berechnung des Kappa-Koeffizienten mit SPSS Statistics, welcher ein Maß für die Übereinstimmungsgüte bei Vorliegen von kategorialen Merkmalen darstellt (Grouven et al. 2007). Grundlage dafür war die Formel $\kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e}$ mit p_o = Gesamt-

anteil beobachteter Übereinstimmungen und p_e = Gesamtanteil zufälliger Übereinstimmungen. $1 - p_e$ dient der Standardisierung.

Die 95%-Konfidenzintervalle für die Compliance wurden mit Hilfe der Website <http://epitools.ausvet.com.au/content.php?page=CIProportion> nach der Wilson-Methode berechnet.

5. ERGEBNISSE

5.1 VALIDIERUNG

Vor Beginn der direkten Beobachtungen erhielt der Autor vom Hygienefachpersonal des Uniklinikums Jena eine Schulung zu aktuellen Kenntnissen der Händehygiene und eine praktische Ausbildung in der Durchführung der Händehygiene-Compliance-Messung. Den Abschluss der Schulung bildete die Validierung des Autors. Die Validierung wurde zweimal durch dieselbe Hygienefachkraft über jeweils zwei Stunden in einem Vierbettzimmer der ITS durchgeführt. In der ersten Validierung unterschied sich die Gesamtzahl der beobachteten Indikationen um fünf Indikationen zwischen Hygienefachpersonal und Autor. Daher wurde die Validierung wiederholt. Die Ergebnisse der zweiten Validierung sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Validierung des Autors

	Hygienefachpersonal		Autor	
	indizierte HD	erfolgte HD	indizierte HD	erfolgte HD
Indikation 1	6	3	9	0
Indikation 2	23	3	16	2
Indikation 3	12	6	14	7
Indikation 4	10	9	10	9
Indikation 5	16	7	17	6
gesamt	67	28	66	24
Compliance (erfolgte HD/indizierte HD)	41,8% (95%-KI = 31% - 54%)		36,4% (95%-KI = 26% - 48%)	

Für die genauere Beurteilung der Übereinstimmung wurde der Kappa-Koeffizient gebildet. Zunächst wurden die bei der Validierung dokumentierten Daten in einer Kreuztabelle gegenübergestellt (Tab. 4).

Tabelle 4: Kreuztabelle zur Gegenüberstellung von beobachteter und erwarteter HD-Anzahl zwischen Autor und Hygienefachpersonal

Hygienefachpersonal					
			beobachtete durchgeführte Händedesinfektion (1)	beobachtete unterlassene Händedesinfektion (2)	Gesamt
Autor	1	Anzahl	24	0	24
		% der Gesamtanzahl	36,4%	0,0%	36,4%
	2	Anzahl	4	38	42
		% der Gesamtanzahl	6,1%	57,6%	63,6%
Gesamt		Anzahl	28	38	66
		% der Gesamtanzahl	42,4%	57,6%	100,0%

Die Gesamtzahl in der Tabelle bezieht sich hierbei nur auf die 66 gemeinsam beobachteten Indikationen, während die einzelne nur vom Hygienefachpersonal erkannte Indikation in der Berechnung des Kappa-Koeffizienten nicht berücksichtigt werden konnte.

Die beobachtete Übereinstimmung p_o ist die Summe der Prozentwerte in der Hauptdiagonale. Die zufällig zu erwartende Übereinstimmung p_e ist die Summe der Produkte der jeweiligen Randwahrscheinlichkeiten für die Felder der Hauptdiagonalen.

Nun konnte durch Einsetzen der Werte in die Formel $\kappa = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e}$ der Kappa-Koeffizient von 0,874 für die spezifische Situation berechnet werden (Tab. 5), was einer guten Übereinstimmung entspricht (Grouven et al. 2007).

Tabelle 5: Kappa-Koeffizient als Maß der Übereinstimmung von Hygienepersonal und Autor

	Wert	asymptotischer Standardfehler ^a	näherungsweise Signifikanz
Maß der Übereinstimmung (Kappa)	0,874	0,061	0,000
Anzahl der gültigen Fälle	66		

a... Die Null-Hypothese wird nicht angenommen

5.2 DIREKTE BEOBACHTUNG

Insgesamt erfolgten 62 Beobachtungseinheiten à zwei Stunden (= 124 Stunden). Alle im Rahmen der Observation durchgeführten Messeinheiten wurden bei der Datenauswertung berücksichtigt. 44 der 62 Beobachtungseinheiten fanden in der Frühschicht statt, 18 in der Spätschicht (71% vs. 29%). 13 Beobachtungen wurden sowohl in der Früh- als auch in der Spätschicht durchgeführt (14.00 - 14.30 Uhr). In der Auswertung wurden diese Messungen derjenigen Schicht zugeordnet, in der der überwiegende Teil der Beobachtungseinheit stattfand. Über die gesamte Dauer der Messungen wurden 238 Patienten in den beobachteten Zimmern betreut.

Im gesamten Beobachtungszeitraum wurden 7515 Indikationen zur HD beobachtet, von denen 5444 auf die Früh- und 2071 auf die Spätschicht entfielen. Somit ergeben sich 15,8 Indikationen zur HD pro Patient und Stunde. Die Anzahl der beobachteten Indikationen zur HD betrug zwischen 65 und 198 pro Beobachtungszeitraum (Zwei-Stunden-Intervall).

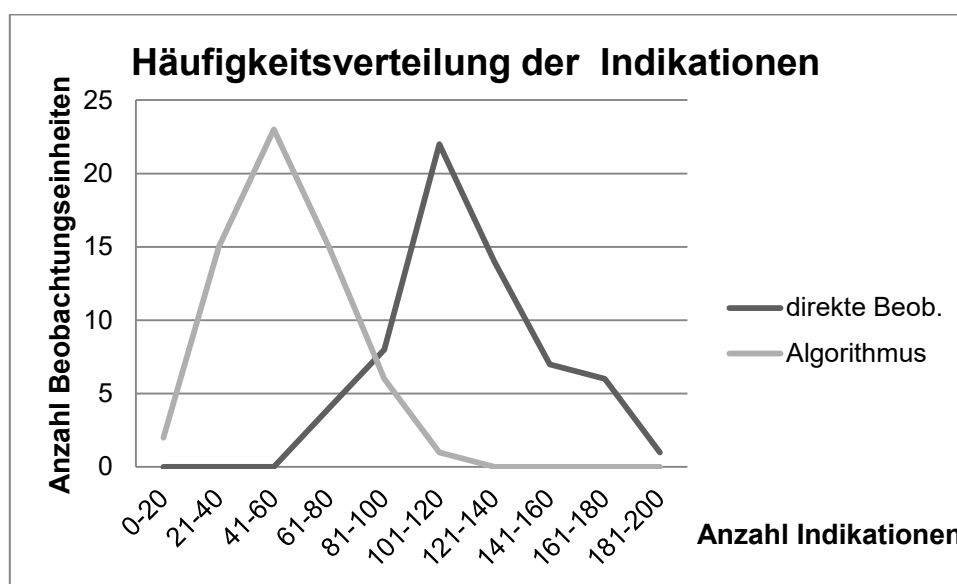


Diagramm 1: Verteilung der Anzahl erforderlicher HD je 2-h-Beobachtungseinheit

Der Großteil der Beobachtungseinheiten befand sich im Bereich zwischen 100 und 140 Indikationen (Diagramm 1, Anhang, Tab. 16). Die Anzahl der erfassten Indikationen in Früh- und Spätschicht unterschieden sich im Mittel nicht voneinander (124 vs. 115).

Auf der anästhesiologisch-thoraxchirurgischen Intensivstation erfolgt in der zweiten Hälfte der Frühschicht häufig die Wundpflege. So wurden in 33 Beobachtungseinheiten ein oder mehrere Verbandswechsel dokumentiert, was in etwa jeder zweiten Einheit entspricht. Die Versorgung der Wunden war damit eine der am häufigsten durchgeführten Pflegemaßnahmen im Rahmen der Beobachtungen.

Im gesamten Beobachtungszeitraum trat nur eine Handschuhdesinfektion auf. Sie wurde als nicht indizierte HD gewertet, da zum Erfassungszeitpunkt noch keine offiziellen Empfehlungen existierten, die die Wertung einer Handschuhdesinfektion als HD erlaubten.

5.2 ERGEBNISSE DES ALGORITHMUS

Der Algorithmus berechnete für die jeweiligen Zwei-Stunden-Intervalle, in denen eine direkte Beobachtung durchgeführt wurde, eine erforderliche Anzahl an Händedesinfektionen im Bereich von 16 bis 102. Insgesamt wurden 3376 Indikationen zur HD mithilfe des Algorithmus registriert. Davon waren 2288 auf die während der Frühschicht und 1088 auf die während der Spätschicht dokumentierten Tätigkeiten zurückzuführen. Umgerechnet auf die Anzahl der Patienten im Erfassungszeitraum ergab sich eine Zahl von 7,1 Indikationen pro Patient und Stunde.

Der Vergleich der Mittelwerte für die ermittelten Indikationszahlen von Früh- und Spätschicht zeigte keinen eindeutigen Unterschied (52 vs. 60, $p = 0.305$).

Mithilfe des Algorithmus wurden mit einem Anteil von 45% an den beobachteten HD-Indikationen signifikant weniger Indikationen im Vergleich zur direkten Beobachtung erfasst (3376 vs. 7515, $p < 0.001$).

5.3 VERGLEICH VON DIREKTEN BEOBACHTUNGEN UND ALGORITHMUS

Die Darstellung der übereinstimmenden Anteile der mittels Algorithmus errechneten Indikationen an der beobachteten Anzahl zeigte für die zweistündigen Intervalle eine Normalverteilung (Diagramm 2).

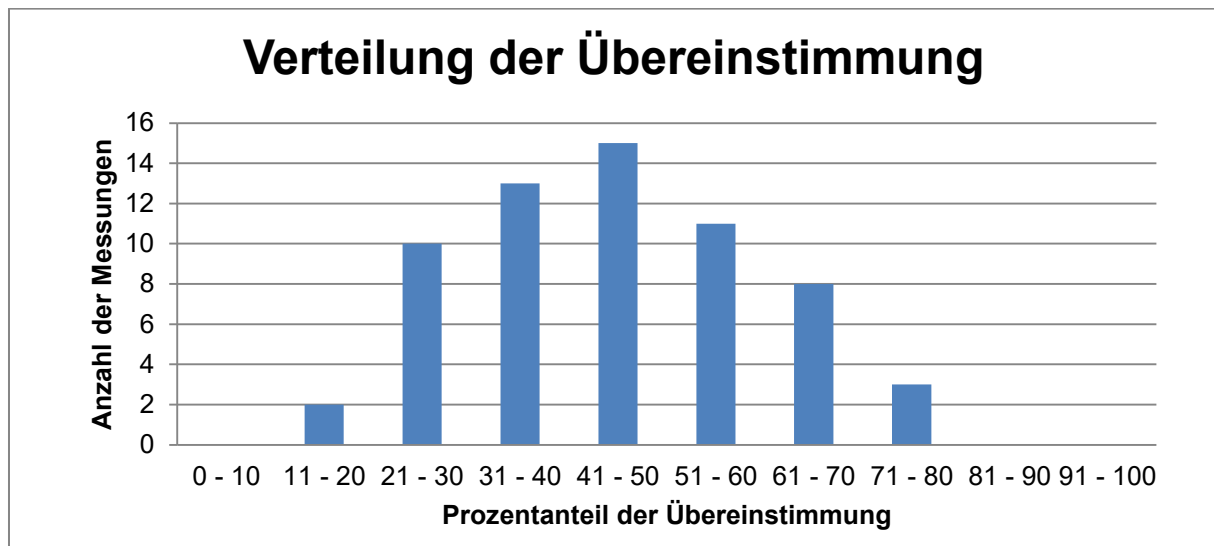


Diagramm 2: Anteil mittels Algorithmus erfasster HD-Indikationen von HD-Indikationen insgesamt bezogen auf die 2-Stunden-Intervalle (%)

Zur Untersuchung der Übereinstimmung beider Messmethoden erfolgte eine Analyse mittels Bland Altman Plot (Diagramm 3). Der dazu durchgeführte T-Test ergab eine mittlere Differenz von 66,8 (95%-Konfidenzintervall = 60,3 – 73,2) zwischen beiden Methoden. Dies bedeutet, dass bei der direkten Beobachtung pro zweistündigem Beobachtungsintervall durchschnittlich 66,8 Indikationen mehr erfasst wurden als durch den Algorithmus.

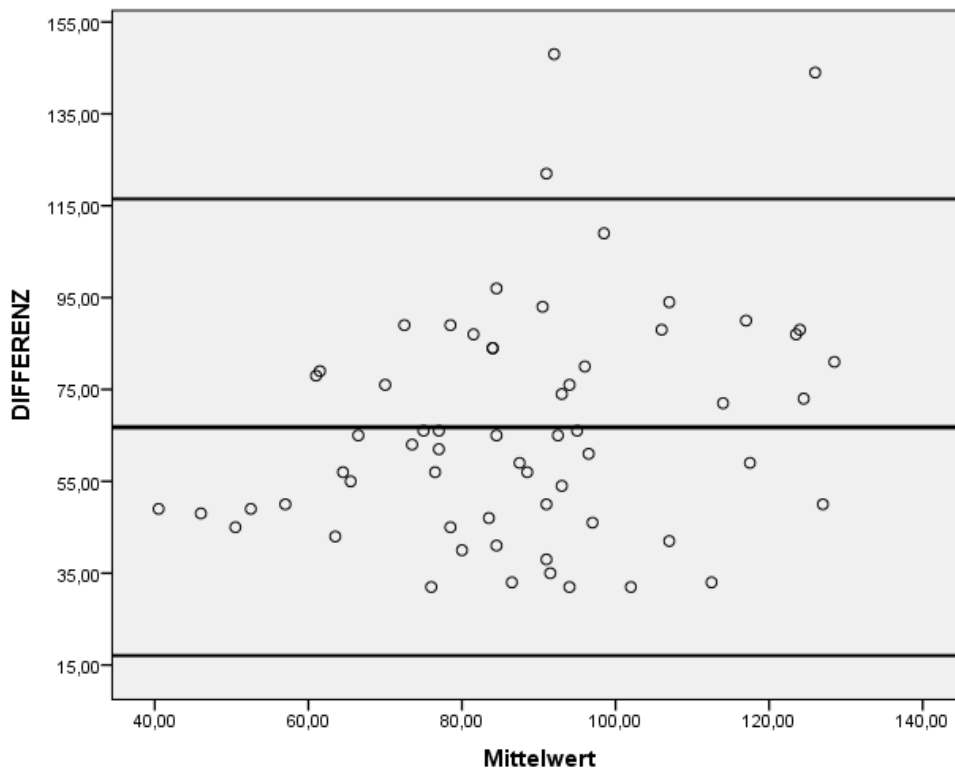


Diagramm 3: Bland Altman Plot zur Beurteilung der Übereinstimmung von Algorithmus und direkter Beobachtung

Drei Messpunkte befinden sich oberhalb der oberen Übereinstimmungsgrenze. 95% der Differenzen liegen innerhalb des Bereichs 17,06 und 116,45, dies entspricht einer Schwankungsbreite von knapp 100 Indikationen. Die zuletzt durchgeführte Regressionsanalyse (Tab. 6) gibt die Streuung über den gesamten Wertebereich an. Steigt der Mittelwert um 10 Indikationen, nehmen die Differenzen zwischen beiden Messmethoden im Mittel um 3,41 zu.

Tabelle 6: Regressionsanalyse

	Regressionskoeffizient	Standardfehler	T	Signifikanz
Konstante	36,782	13,643	2,696	0,009
Mittelwert	0,341	0,151	2,257	0,028

Zur Untersuchung möglicher Ursachen für unterschiedliche Messergebnisse wurden einige wichtige Tätigkeiten auf ITS mit den Indikationen zur Händehygiene laut WHO-Schema betrachtet (Tab. 7). Die in der klinischen Praxis dafür beobachteten notwendigen HD werden den vom Algorithmus berechneten HD für die jeweiligen Tätigkeiten gegenüber gestellt.

Tabelle 7: wichtige Tätigkeiten mit Anzahl der erforderlichen und berechneten HD

Tätigkeit	Indikationen nach WHO-Modell (2009)	Anzahl der tatsächlich erforderlichen HD	Anzahl der HD im Algorithmus
Lagerung	vor und nach Patientenkontakt	2	2
Ganzkörperwaschung	vor und nach Patientenkontakt	2-3	2
Verbandswechsel	vor aseptischer Tätigkeit, nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material	4 bzw. 3 (Doppelindikation)	2
endotracheales Absaugen	vor aseptischer Tätigkeit, nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material	2	2
Blutentnahme aus arteriellem Katheter	vor aseptischer Tätigkeit, nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material	2	0
intravenöse Medikamentenapplikation	vor aseptischer Tätigkeit, nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material	2	2
Mundpflege	vor aseptischer Tätigkeit, nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material	2	2

Weiterhin wurden potentielle Einflussfaktoren auf die Messgenauigkeit beider Messmethoden untersucht. Der T-Test zum Vergleich von Früh- und Spätschicht wurde durchgeführt, um herauszufinden, ob zeitliche Unterschiede bei der Datenerfassung das Ergebnis beeinflussen können. Dabei wurden die Differenzen aus der Anzahl der beobachteten und vom Algorithmus berechneten HD in Früh- und Spätschicht verglichen.

Im T-Test waren die mittleren Differenzen beider Methoden in der Frühschicht signifikant um 17 Indikationen größer als in der Spätschicht ($p = 0.015$). In Bezug zur Frühschicht besteht somit in der Spätschicht eine höhere Übereinstimmungsrate (51,2% vs. 42,5%) beider Messmethoden.

Die Analyse der absoluten Messwerte zeigte für die direkte Beobachtung im Mittel 124 Indikationen in der Früh- und 115 in der Spätschicht, während der Algorithmus durchschnittlich 52 (Frühschicht) bzw. 60 (Spätschicht) Indikationen errechnete (Diagramm 4).

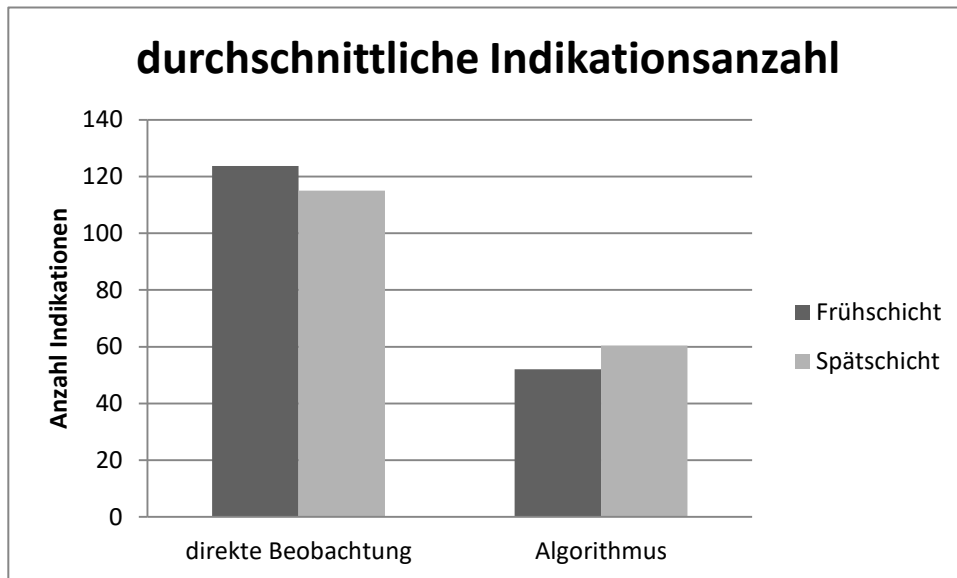


Diagramm 4: durchschnittliche Indikationen pro Schicht

Die Untersuchung weiterer Einflussparameter zeigte keine nennenswerten Unterschiede. Beim häufig durchgeführten Verbandswechsel wurden mehr Indikationen beobachtet als durch das Programm erfasst werden konnten. Die Gesamtheit der 33 Beobachtungsintervalle, in denen ein oder mehrere Verbandswechsel erfolgten, ergab für den Algorithmus allerdings einen Übereinstimmungs-Anteil von 45% an der Beobachtungs-Summe und damit keine signifikante Abweichung von den 29 Intervallen ohne Verbandswechsel mit 46% ($p = 0.842$). Weiterhin wurden Beobachtungsintervalle mit Patientenverlegungen aufgrund des hohen Aufkommens nicht dokumentierter Indikationen untersucht. Intervalle mit einem schlechten Betreuungsschlüssel (weniger als eine Pflegekraft für zwei Patienten) wurden auf potentiell negative Konsequenzen für HD-Compliance bzw. Dokumentationsverhalten überprüft, da dies zu einem erhöhten Anforderungsniveau und Stresspegel des Personals beiträgt. Beide zeigten jedoch mit 43% (Verlegungen, $p = 0.640$) und 46% (ungünstiges Betreuungsverhältnis, $p = 0.850$) ein ähnliches Ergebnis wie die anderen untersuchten Faktoren und somit keinen signifikanten Einfluss auf die Unterschiede beider Messmethoden.

Zur Untersuchung der einzelnen Indikationen erfolgte beispielhaft für die Einzelmessung vom 20.05.2015 eine Aufschlüsselung in die fünf WHO-Indikationen für beide Methoden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8: Indikationsanzahl von direkter Beobachtung und Algorithmus aufgeschlüsselt nach WHO-Indikationen am Beispiel der Einzelmessung vom 20.05.2015

Indikation nach WHO (2009)	Anzahl beobachteter Indikationen	Anzahl der mittels Algorithmus ermittelbarer Indikationen
1 (vor Patientenkontakt)	16	2
2 (vor aseptischer Tätigkeit)	33	31
3 (nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material)	15	9
4 (nach Patientenkontakt)	9	1
5 (nach Kontakt mit der direkten Patientenumgebung)	45	24

5.3 Compliance und Aufschlüsselung nach Berufsgruppen und Indikationen

Von den 7515 beobachteten Indikationen zur Händedesinfektion wurden 1959 tatsächlich durchgeführt. Dies ergibt eine Compliance von 26% (95%-Konfidenzintervall = 25,1% - 27,1%, range 11% - 50%), siehe auch Tabelle 9 (sowie Anhang, Tab.11, Spalte K).

Diese Angaben beziehen sich allerdings auf diejenigen HD, die jeweils einer der fünf Indikationen für Händehygiene laut WHO-Modell (Sax et al. 2007) entsprachen. Zusätzlich zu den 1959 durchgeführten HD nach WHO-Indikation wurden 621 HD erfasst, die keiner Indikation nach WHO zugeordnet werden konnten.

Betrachtet man die fünf WHO-Indikationen einzeln, finden sich folgende Ergebnisse für die Compliance, wie in Tabelle 9 und Diagramm 5 (sowie Anhang, Tab. 12 und 13) dargestellt:

Tabelle 9: indikationsbezogene Compliance

Indikation	indizierte HD	durchgeführte HD	Compliance	95%-Konfidenzintervall
1 – vor Patientenkontakt	1003	81	7,3%	6,6% – 9,9%
2 – vor aseptischer Tätigkeit	1949	82	4,3%	3,4% - 5,2%
3 – nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material	1279	396	31,5%	28,5% – 33,6%
4 – nach Patientenkontakt	752	435	58,7%	42,7% – 76,1%
5 – nach Kontakt mit der direkten Patientenumgebung	2532	965	38,5%	36,2% – 40,0%
gesamt	7515	1959	26%	25,1% – 27,1%

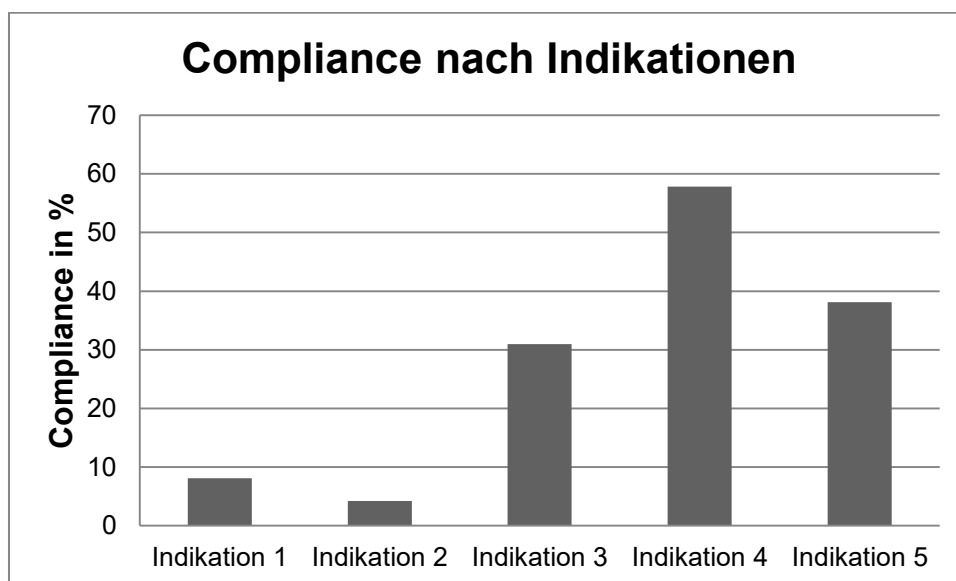


Diagramm 5: indikationsbezogene Compliance

Der größte Anteil beobachteter Indikationen entfällt auf Indikation 5 (n = 2532) und Indikation 2 (n = 1949). Indikation 1 und 2 weisen im Vergleich mit den übrigen Indikationen eine deutlich geringere Compliance auf. Bezüglich der Berufsgruppen stellt sich folgendes Bild dar (Tab. 10, Diagramm 6, Anhang Tab. 12 und 13):

Tabelle 10: berufsgruppenbezogene Compliance

Berufsgruppe	indizierte HD	durchgeführte HD	Compliance	95%-Konfidenzintervall
1 – Arzt/Ärztin	867	297	34%	31,2% – 37,5%
2 – Gesundheits- und Krankenpfleger/in	6157	1468	24%	22,8% - 24,9%
3 – Medizinstudent/in	164	121	74%	66,6% – 79,9%
5 – sonstiges Personal (Röntgenassistenz, Ergotherapie)	327	73	22%	18,2% – 27,1%
gesamt	7515	1959	26%	25,1% – 27,1%

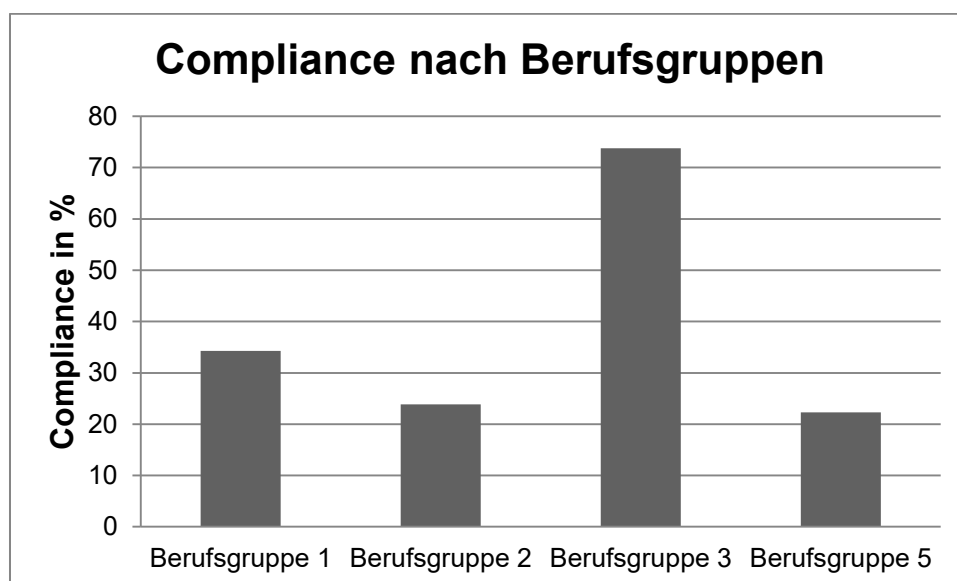


Diagramm 6: berufsgruppenbezogene Compliance

6. DISKUSSION

Im Rahmen der Studie wurde die Anzahl der mindestens erforderlichen HD elektronisch ermittelt. Bisher war stets die direkte Beobachtung nötig, um die Anzahl der anfallenden Indikationen zu erfassen. Im Unterschied zur direkten Beobachtung sind die Messungen objektiv und kontinuierlich möglich. Dies eröffnet prinzipiell die Möglichkeit, in Kombination mit einer kontinuierlichen elektronischen Erfassung der Händedesinfektions-Ereignisse, Aussagen über die Händehygiene-Compliance zu treffen. Allerdings war die Übereinstimmung zwischen elektronisch ermittelten und tatsächlich beobachteten Indikationen unzureichend. Eine Überarbeitung und erneute Validierung des Algorithmus ist daher angezeigt.

6.1 BEURTEILUNG DER ERGEBNISSE

6.1.1 Stärken und Schwächen von Algorithmen zur Compliance-Ermittlung

Mit den Grenzen der unter 2.4.2 genannten Methoden rücken Algorithmen als elektronisches Hilfsmittel zur Ermittlung der Händehygiene-Compliance zunehmend in den Vordergrund. In einer Studie von Marques et al. wurde ein Algorithmus im Rahmen einer Design Study Research Methodology (DSRM) entwickelt, um Situationen zu erkennen, die Händehygiene erfordern (Marques et al. 2017). Sensoren in Patientennähe registrierten Bluetooth-Signale von Mobilfunkgeräten der medizinischen Angestellten, wenn diese sich näherten. Diese Informationen wurden von dem Algorithmus hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Händehygiene gewertet und in einer Datenbank gespeichert. Das Monitoring der Händehygiene-Compliance war mit diesem System allerdings noch nicht möglich.

Eine der bislang ersten Studien, in der die Händehygiene-Compliance mithilfe der elektronischen Erfassung der HD-Indikationen aus der digitalen Patientenakte bestimmt werden konnte, wurde von Scheithauer et al. durchgeführt (Scheithauer et al. 2017). Die Anzahl der erforderlichen Indikationen nach WHO wurde algorithmisch mithilfe des Leistungsklassifikationssystems LEP (medizinisches Therapie-Aufnahme-, Anzeige- und Dokumentationsinstrument) auf Grundlage der am Computer dokumentierten Tätigkeiten einer Stammzelltransplantationseinheit kontinuierlich über ein Jahr bestimmt. Zusammen mit den durch elektronisches Monitoring ermittel-

ten HD-Ereignissen konnte die Compliance berechnet werden. Dabei stellte sich heraus, dass Händehygiene-Compliance und Arbeitsaufwand invers korreliert sind. Während an Wochentagen mit geringem Arbeitsaufwand die Compliance 44,96% betrug, war sie an Tagen mit hohem Arbeitsaufwand mit 35,93% signifikant niedriger ($R = 0,411$; $p < 0.001$). Eine solche Kausalität konnte mittels direkter Beobachtung bislang selten festgestellt werden, was auf die Maskierung durch den Hawthorne-Effekt zurückgeführt wird (Hagel et al. 2015). In der Publikation wurden keine Angaben zur Übereinstimmung zwischen der direkten Beobachtung (Goldstandard) und dem Algorithmus gemacht. Nach Aussage der Studienleiterin konnte jedoch bei der Entwicklung des Algorithmus eine gute Übereinstimmung gezeigt werden (persönliche Kommunikation). Es wurde auch bestätigt, dass die in der Studie dokumentierten Tätigkeiten durch den Algorithmus den fünf WHO-Indikationen zugeordnet und die jeweilige Anzahl ermittelt werden konnten. Eine Publikation dieser Studie außerhalb von Kongressbeiträgen wurde laut Studienleiterin bisher noch nicht eingereicht. Die Erfassung aller fünf WHO-Indikationen im Rahmen der Studie von Scheithauer et al. auf rein elektronischer Basis stellt nach Wissen des Autors der vorliegenden Arbeit ein Novum dar. Andere bisher bekannte Technologien besitzen demgegenüber meist die Limitation, dass sich eine oder mehrere der fünf WHO-Indikationen dem Monitoring entziehen (Marra et al. 2014, Swoboda et al. 2007).

Obwohl der Algorithmus in der vorliegenden Arbeit bei den dokumentierten Tätigkeiten noch nicht zwischen diesen fünf Indikationen differenzierte, wäre dies grundsätzlich durch Zuordnung der dokumentierten Tätigkeit im Programm zu einer der fünf WHO-Indikationen möglich. In der vorliegenden Arbeit wurde dies retrospektiv für eine Einzelmessung durchgeführt (Tabelle 8). Die Diskrepanzen bei den einzelnen Indikationen sind einerseits durch die in Tabelle 7 erkennbaren Unterschiede, zusätzlich aber auch durch die nicht dokumentierten Tätigkeiten verursacht, welche dem Algorithmus entgehen. Auffällig ist, dass Indikation 2 („vor aseptischer Tätigkeit“) die größte Übereinstimmung beider Methoden aufweist. Die wahrscheinlichste Ursache ist, dass nahezu alle Tätigkeiten, die diese Indikation erfordern, sich auch in der Dokumentation manifestieren, während andere Tätigkeiten mit den übrigen Indikationen (1, 3, 4, 5) oft nicht dokumentationspflichtig sind.

Die größte Schwierigkeit bei der indikationsspezifischen Erfassung ist allerdings, dass die konkreten Zeitpunkte, an denen die Indikationen auftreten, nicht erfasst

bzw. zu einem anderen Zeitpunkt durch den Algorithmus dokumentiert wurden. Dies macht den Vergleich der Indikationen beider Methoden komplizierter und das Ergebnis schwieriger nachvollziehbar.

Als Hauptvorteil eines objektiven kontinuierlichen Messsystems ist die unabhängige und für die jeweilige Abteilung repräsentative Einschätzung der Händehygiene-Compliance zu nennen. Dies könnte den Algorithmus zu einem ubiquitär einsetzbaren Werkzeug werden lassen, da er eine individuell auf die Einrichtung zugeschnittene Compliance-Ermittlung möglich macht und die Messung auf einheitlichen Kriterien beruht. Die direkte Beobachtung als bisheriger Gold-Standard dagegen erschwert durch variierende Beobachtungsmethoden den Vergleich zwischen mehreren Krankenhäusern (Morgan et al. 2012).

Auch andere Methoden zur Abschätzung der Händehygiene-Compliance wie beispielsweise das elektronische Monitoring der HD-Anzahl und Messung des Desinfektionsmittel-Verbrauchs sind nur mit Einschränkungen als Surrogat-Marker für die Compliance zur HD zu verwenden (Scheithauer et al. 2017), da die Anzahl der erforderlichen HD unbekannt ist und eine Abschätzung nur näherungsweise erfolgen kann. Die Anzahl der erforderlichen HD kann sehr schwankend sein aufgrund von Unterschieden bezüglich der/des:

- Pflegeaufwands des Patienten
- Häufigkeit der Medikation
- Anzahl der Verbandswechsel
- Belegung der Station oder Bettensperrung (senken die erforderliche Anzahl der HD pro Zeiteinheit (z.B. pro Monat), dies muss bei der Berechnung des HD-Mittelverbrauchs pro Monat mit beachtet werden)

Die Studie von Scheithauer et al. (2017) ergab für das elektronische HD-Monitoring zunächst eine ähnliche Anzahl an HD-Ereignissen pro Patiententag (57 HD pro Patiententag) wie der Desinfektionsmittel-Verbrauch. Bei Verwendung dieser Parameter als Compliance-Ersatz konnte jedoch keine Assoziation mit dem Arbeitsaufwand festgestellt werden. Hierbei ist anzumerken, dass die HD-Ereignisse nur den Zähler der Compliance-Formel darstellen, während die Anzahl der erforderlichen HD im Nenner mittels elektronischem HD-Monitoring nicht ermittelbar ist. Um relevante Aussagen zur Compliance treffen zu können, ist vor allem diese Anzahl notwendig.

Sie kann durch den LEP- oder COPRA-gestützten Algorithmus erstmals rein elektronisch generiert werden.

Die in der vorliegenden Arbeit durch direkte Beobachtung ermittelte Compliance von 26% ist vergleichsweise niedrig einzuschätzen. Laut der Übersichtsarbeit von Erasmus et al. ergab die Analyse von 65 Studien mit Compliance-Ergebnissen von ITS eine durchschnittliche Compliance von 40-50% (Erasmus et al. 2010). Ein niedrigerer Wert für die Compliance auf ITS wird beispielsweise von Fuller et al. mit 13% angegeben (Fuller et al. 2012).

6.1.2 Beurteilung des Algorithmus

Im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Arbeit lässt sich die Aussage treffen, dass bei Einsatz des Algorithmus eine Mindestanzahl von 45,0% der insgesamt anfallenden Indikationen ermittelt werden kann. Dies ist ein insgesamt unbefriedigendes Ergebnis. Zur wirklichkeitsnahen Berechnung der Compliance wäre ein höherer Anteil der erkannten Mindestanzahl wünschenswert. Die Intention, den Algorithmus in der jetzigen Form als Hilfsmittel zu Bestimmung der Händehygiene-Compliance einzusetzen, ist daher fragwürdig.

Die bisher genannten Ergebnisse machen deutlich, dass der Algorithmus überarbeitungsbedürftig ist. Der Algorithmus verwendet noch nicht alle Daten aus der COPRA-Akte. Bislang werden nur Medikamenten-, Pflege- sowie Katheter- und Beatmungstuben-Dokumentation vom Programm erfasst. Ärztliche Tätigkeiten wie zum Beispiel körperliche oder endoskopische Untersuchungen am Patientenbett werden bislang ebenso wie Aktivitäten weiterer Mitarbeiter (Röntgen, Physiotherapie usw.) nicht berücksichtigt. Auch die mehrmals täglich durchgeführten Blutentnahmen, sowie Verlegungen und andere nicht-pflegerische Aktivitäten könnten in den Algorithmus integriert werden. Diese Tätigkeiten werden an gesonderten Stellen des COPRA-Systems dokumentiert. Bei einer Aufnahme in den Algorithmus wäre demnach eine Differenzierung in die verschiedenen Personengruppen möglich und somit auch berufsgruppenspezifische Aussagen über die erforderliche Indikationszahl.

Da bei der elektronischen Erfassung der erfolgten HD-Ereignisse z.B. mittels WLAN-Spender bisher nicht zwischen den einzelnen Berufsgruppen unterschieden werden kann, ist dafür zum anderen zusätzliche Technologie notwendig. Denkbar wäre beispielsweise der Einsatz berufsgruppenspezifischer Chips, die an der Kleidung des

Personals befestigt werden und bei Betätigung eines Desinfektionsspenders als Erkennungsmerkmal der jeweiligen Berufsgruppe fungieren. Ein solches Konzept wurde bereits in einer kanadischen Studie untersucht und angewendet (Boscart et al. 2008). Tragbare Geräte registrierten Spenderbetätigungen und speicherten diese Informationen, welche auf vier verschiedene Berufsgruppen bezogen ausgewertet werden konnten.

Andererseits stellt bereits die - wenn auch unzureichende - elektronische Erfassung der erforderlichen Indikationen einen gewissen Fortschritt dar. In Studien, die die direkte Beobachtung durch automatisches Monitoring zu umgehen versuchen, muss die Anzahl erforderlicher Indikationen auf andere Weise bestimmt oder abgeschätzt werden. In einer amerikanischen Studie wurden stationsspezifische Richtwerte als Bezugsgröße für die zu erwartende Anzahl anfallender Indikationen verwendet (in Form kalkulierter HD pro Patientenstunde) (Conway et al. 2014). Demgegenüber sind mit dem Algorithmus spezifischere Angaben über die tatsächlich anfallenden Indikationen in einem bestimmten Patientenzimmer in konkreten Zeiträumen möglich. Auch wenn die Anzahl erkannter Indikationen bislang noch unzureichend ist, können trotzdem unter elektronischem Monitoring der tatsächlich durchgeführten Anzahl an HD hilfreiche Aussagen zur Compliance getroffen werden. Stimmt z.B. die Anzahl der durchgeführten HD mit der mittels Algorithmus ermittelten Anzahl an erforderlichen HD überein, kann von einer Mindest-Compliance von näherungsweise 50% ausgegangen werden. Allerdings erschließt sich aus dieser Berechnung nicht, ob die jeweilige Indikation der durchgeführten Händedesinfektion korrekt war. Entsprechend der tatsächlich durchgeführten Anzahl an HD (mittels automatischem HD-Monitoring) lässt sich die Compliance berechnen. Unter der Annahme, dass der Algorithmus 45,0% der beobachteten erforderlichen Anzahl an HD (in der vorliegenden Arbeit Anzahl durchgeführter HD: 1959) angibt, lässt sich auch mit der berechneten Anzahl von 3376 erforderlichen HD die Compliance von 26% bestimmen.

Somit ließe sich elektronisch 24 Stunden pro Tag und 365 Tage im Jahr eine Aussage über die Compliance zumindest bis zu 50% der ausgeübten Tätigkeiten treffen. Dies stellt eine erste Verbesserung der Möglichkeiten zur kontinuierlichen objektiven Erfassung der erforderlichen Indikationen dar. Unter der Maßgabe, dass der Algorithmus überarbeitet wird, könnte der Einsatz anstelle der direkten Beobachtung als

Methode zur Erfassung der HD-Indikationen für die Berechnung der Compliance in Erwägung gezogen werden.

6.2. LIMITATIONEN DER ARBEIT

Bezüglich der Dokumentation der Tätigkeiten in der elektronischen COPRA-Akte besteht eine zeitliche Bindung des Programms. Der Zeitraum, innerhalb dessen mehrere HD-Ereignisse als ein HD-Ereignis zusammengefasst werden, wurde auf 30 Minuten festgelegt. Diese Spanne ist beabsichtigt, um zeitliche Ungenauigkeiten bei der Dokumentation auszugleichen, da die COPRA-Kurve in halbstündige Intervalle unterteilt ist. Schwierig wird es bei Tätigkeiten, die nur ein HD-Ereignis erfordern, aber in der COPRA-Akte mit Zeitstempeln von mehr als 30 Minuten Abstand eingetragen werden (Abbildung 4). Auf der anderen Seite kann es auch vorkommen, dass Tätigkeiten innerhalb des 30-Minuten-Intervalls dokumentiert werden, die in Wirklichkeit über einen längeren Zeitraum hinweg stattfinden und somit mehrere Indikationen erfordern. Ein ähnliches Problem ergibt sich, wenn mehrere Medikamentengaben zur gleichen Zeit dokumentiert werden, obwohl sich in der Realität zwischen den einzelnen Applikationen Situationen ergaben, die zusätzliche HD notwendig machten. Im Algorithmus werden gleichzeitig dokumentierte Medikamentengaben dagegen als einzelnes HD-Ereignis gewertet.

Die genannten Aspekte können zur Unterschätzung der tatsächlichen HD-Anzahl führen. Solchen potentiellen Ungenauigkeiten könnte durch eine zeitgetreue Dokumentation begegnet werden. Eine höhere zeitliche Auflösung in der COPRA-Kurve oder eine automatische Signalübertragung der Dosisänderung an Perfusoren in COPRA wären Ansätze zur Optimierung.

Nicht alle Situationen, in denen eine HD notwendig ist, werden durch das Pflegepersonal dokumentiert, was ebenfalls zur Unterschätzung der realen Anzahl erforderlicher Händehygiene-Ereignisse beiträgt. Ereignisse wie das Berühren des Abfallbehälters (HD-Indikation „nach Kontakt mit potentiell infektiösem Material“), des Patientenbettes oder Ausstellen des Alarms am Monitor (HD-Indikation „nach Kontakt mit der direkten Patientenumgebung“) entgehen dem Algorithmus. Dass solche Situationen im klinischen Alltag relativ häufig vorkommen, lässt sich unter anderem aus Diagramm 1 ableiten.

Beim Vergleich der beiden Methoden fällt eine deutliche Streuung der Ergebnisse auf. Diesbezüglich sind vor allem zwei Einflussparameter zu nennen: die oben beschriebenen Einschränkungen des Algorithmus sowie die Art und Weise der Beobachtung. Ein einzelner Beobachter kann nicht alle Indikationen zur Händehygiene erfassen, sondern nur ein oder zwei Personen gleichzeitig hinsichtlich des Hygieneverhaltens beurteilen. Dies war im überwiegenden Teil der Beobachtungen der Fall, da meistens zwei Pflegefachkräfte in den Vierbettzimmern arbeiten. Andererseits kam es auch vor, dass zusätzliches Personal (Ärzte, technisches Fachpersonal) anwesend war. Patientenverlegungen sind in diesem Zusammenhang ebenfalls anzuführen, da sich dann stellenweise mehr Personal als Patienten im Zimmer befand. Dabei könnte ein gewisser Anteil der Indikationen dem Beobachter entgangen sein.

Der Unterschied in der Genauigkeit des Algorithmus zwischen Früh- und Spätschicht könnten darin begründet liegen, dass der Arbeitsaufwand in der Frühschicht generell höher ist und somit auch mehr nicht dokumentierte Indikationen auftreten. Dafür spricht auch die Regressionsanalyse, welche die Zunahme der Unterschiede zwischen den Methoden angibt, je mehr Indikationen pro Zeit vorkommen. Das Ergebnis des T-Tests lässt sich dahingehend deuten, dass in der Spätschicht dafür bessere Übereinstimmungen zwischen beobachteter und berechneter HD-Anzahl erzielt werden können. Der Algorithmus misst also in der Spätschicht genauer. Für die Nachschicht existieren hingegen keine Beobachtungsdaten, um dies noch genauer zu prüfen.

Die in Tabelle 7 aufgeführten Unterschiede zwischen beiden Messverfahren sind ebenfalls zu den Limitationen dieser Arbeit zu zählen. Bestimmte Tätigkeiten erfordern im klinischen Alltag je nach Art der Durchführung unterschiedliche viele HD. Beim Verbandswechsel kann beispielsweise bei Doppelindikation („nach Kontakt mit potentiell infektiösen Materialien“, „vor aseptischer Tätigkeit“) nach Entfernen des alten Verbandes eine von zwei Händedesinfektionen eingespart werden. Umgekehrt entgehen manche Doppelindikationen auch dem Algorithmus, insbesondere wenn das Personal dabei zwischen zwei Patienten wechselt.

Eine weitere mögliche Ursache für fehlende Übereinstimmung sind Blutentnahmen für Blutgasanalysen. Diese wurden durch den Algorithmus nicht erfasst, um Inkongruenzen mit der direkten Beobachtung zu minimieren, da das Pflegepersonal für die Durchführung der Blutgasanalyse das Zimmer verlassen musste und damit nicht

mehr der direkten Beobachtung zugänglich war. Die bislang fehlende Zuordnung der Indikationen zu den fünf WHO-Indikationen stellt gleichermaßen eine Limitation des Algorithmus dar.

Da die vorliegende Studie nur auf einer Station durchgeführt wurde, muss zunächst offen bleiben, ob die dargestellten Ergebnisse repräsentativ für andere Intensivstationen sind. Es ist anzumerken, dass die Anwendung des hier vorgestellten Algorithmus das Vorhandensein des Dokumentationssystems COPRA voraussetzt, was nicht in jeder Klinik der Fall ist. Eine ähnliche Programmierung ist aber auch bei anderen Klinik-Softwares möglich, wie das Beispiel von Scheithauer et al. (2017) zeigt.

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN

Mithilfe des Algorithmus kann erstmals automatisch und kontinuierlich die Menge an Händedesinfektionsereignissen erfasst werden, die 45% aller durch direkte Beobachtung registrierten Händedesinfektionsereignisse entspricht. Der in dieser Arbeit beschriebene Algorithmus stellt ein primäres Modell dar, das in dieser Form noch nicht im klinischen Alltag einsetzbar, jedoch in seinen Grundzügen funktionstüchtig ist. Prinzipiell ist der Einsatz des Algorithmus nach Überarbeitung basierend auf den vorliegenden Ergebnissen und erneuter Validierung vorstellbar.

Zur Errechnung der Compliance ist zusätzlich zur algorithmisch bestimmbarer Soll-Anzahl die Ist-Anzahl erforderlich, welche üblicherweise durch direkte Beobachtung ermittelt wird. In diesem Fall wäre der Einsatz einer elektronischen Erfassung der Anzahl der HD-Ereignisse vorteilhaft, da diese zu jeder beliebigen Tages- und Nachtzeit Ergebnisse liefern kann und auch der Hawthorne-Effekt vermieden würde. Automatisierte Verfahren erwiesen sich bereits menschlichen Kontrolleuren darin überlegen, korrekte und valide Daten zu erhalten (Kwok et al. 2016). Die Kombination aus überarbeitetem Algorithmus und Händehygiene-Monitoring könnte somit eine kontinuierliche Kontrolle der Händehygiene über längere Zeiträume an vielen Standorten ermöglichen. Dadurch ließe sich eine repräsentative Compliance-Berechnung individuell für einzelne Patientenzimmer, Stationen und Kliniken realisieren.

Eine weitere Möglichkeit wäre, mittels berufsgruppenspezifischer Chips zusätzlich die Compliance nach Berufsgruppen zu bestimmen (Boscart et al. 2008). Darüber hinaus ergäbe sich eine gute Grundlage für ein Feedback bezüglich der Händehygiene. Dieses wird von vielen Studien als wichtige Maßnahme bzw. sogar Kernelement für die Steigerung der Händehygiene-Compliance angesehen (Eckmanns et al. 2006, Sax et al. 2009, Stewardson et al. 2016). Eingebettet in die multimodale Strategie der WHO zur Compliance-Steigerung ist ein Feedback essentiell, um eine Verhaltensänderung bezüglich der Händehygiene zu erreichen (Allegranzi et al. 2013). Insbesondere bei niedriger Basis-Compliance ist Feedback besonders effektiv (Ivers et al. 2012).

Bereits monatliches Feedback trug bei einer multimodalen Interventionsstudie auf Intensivstationen in Buenos Aires dazu bei, dass die Compliance der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant anstieg und dieser Effekt länger

als fünf Monate anhielt (Rodriguez et al. 2015). Auch bei ärztlichem Personal scheint monatliches Feedback eine signifikante Steigerung der Compliance zu bewirken (Arai et al. 2016).

Eine gesteigerte Händehygiene-Compliance ist im Hinblick auf die Reduktion der Prävalenz nosokomialer Infektionen erstrebenswert. Weitere Forschung auf diesem Gebiet wäre dazu erforderlich, ebenso wie die notwendige Überarbeitung des Algorithmus als Hilfsmittel zur Compliance-Bestimmung.

8. LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS

8.1 LITERATURVERZEICHNIS

- Allegranzi B et al. 2013. Global implementation of WHO's multimodal strategy for improvement of hand hygiene. *The Lancet Infectious Diseases*. 13 (10):843–851.
- Altman DG und Bland JM 1983. Measurement in Medicine. *The Statistician*. 32 (3):312.
- Arai A et al. 2016. Utility of electronic hand hygiene counting devices for measuring physicians' hand hygiene adherence applied to outpatient settings. *Am J Infect Control*. 44 (12):1481–1485.
- Arefian H et al. 2016. Extra length of stay and costs because of health care–associated infections at a German university hospital. *Am J Infect Control*. 44 (2):160–166.
- Armellino D et al. 2012. Using high-technology to enforce low-technology safety measures. *Clin Infect Dis*. 54 (1):1–7.
- Behnke M et al. 2017. The Prevalence of Nosocomial Infection and Antibiotic Use in German Hospitals. *Dtsch Arztebl Int*. 114 (50):851–857.
- Boev C und Kiss E 2017. Hospital-Acquired Infections: Current Trends and Prevention. *Crit Care Nurs Clin North Am*. 29 (1):51–65.
- Boscart VM et al. 2008. Acceptability of a wearable hand hygiene device with monitoring capabilities. *J Hosp Infect*. 70 (3):216–222.
- Boyce JM 2008. Hand hygiene compliance monitoring: current perspectives from the USA. *Journal of Hospital Infection*. 70, Supplement 1:2–7.
- Boyce JM und Pittet D 2002. Guideline for hand hygiene in health-care settings: Recommendations of the healthcare infection control practices advisory committee and the hicpac/shear/apic/idsa hand hygiene task force. *Am J Infect Control*. 30 (8):S1–S46.
- Braun BI et al. 2009. Measuring adherence to hand hygiene guidelines: a field survey for examples of effective practices. *Am J Infect Control*. 37 (4):282–288.
- Conway LJ et al. 2014. Implementation and impact of an automated group monitoring and feedback system to promote hand hygiene among health care personnel. *Jt Comm J Qual Patient Saf*. 40 (9):408–417.
- Cressie NAC und Whitford HJ 1986. How to Use the Two Sample t-Test. *Biometrical Journal*. 28 (2):146.
- Deptula A et al. 2017. Prevalence of healthcare-associated infections in Polish adult intensive care units: summary data from the ECDC European Point Prevalence Survey of Hospital-associated Infections and Antimicrobial Use in Poland 2012-2014. *J Hosp Infect*. 96 (2):145–150.
- Dhar S et al. 2010. Observer bias in hand hygiene compliance reporting. *Infection Control & Hospital Epidemiology*. 31 (8):869–870.
- Eckmanns T et al. 2006. Hand rub consumption and hand hygiene compliance are not indicators of pathogen transmission in intensive care units. *Journal of Hospital Infection*. 63 (4):406–411.

- Erasmus V et al. 2010. Systematic review of studies on compliance with hand hygiene guidelines in hospital care. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 31 (3):283–294.
- Fuller C et al. 2012. The Feedback Intervention Trial (FIT)--improving hand-hygiene compliance in UK healthcare workers: a stepped wedge cluster randomised controlled trial. *PLoS One.* 7 (10):e41617.
- Gastmeier P et al. 2010. Wie viele nosokomiale Infektionen sind vermeidbar? *Dtsch Med Wochenschr.* 135 (3):91–93.
- Grouven U et al. 2007. Der Kappa-Koeffizient. *Dtsch Med Wochenschr.* 132 Suppl 1:e65-8.
- Hagel S et al. 2015. Quantifying the Hawthorne Effect in Hand Hygiene Compliance Through Comparing Direct Observation With Automated Hand Hygiene Monitoring. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 36 (8):957–962.
- Haynes RB et al. 1986. *Compliance Handbuch.* München: Verl. für angewandte Wiss.
- Horan TC et al. 2008. CDC/NHSN surveillance definition of health care–associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *American Journal of Infection Control.* 36 (5):309–332.
- Ivers N et al. 2012. Audit and feedback: effects on professional practice and healthcare outcomes. *Cochrane Database Syst Rev.* (6):CD000259.
- Kwok YLA et al. 2016. Automated hand hygiene auditing with and without an intervention. *Am J Infect Control.* 44 (12):1475–1480.
- Larson EL et al. 2001. Assessment of two hand hygiene regimens for intensive care unit personnel. *Critical Care Medicine.* 29 (5):944–951.
- Marques R et al. 2017. How can information systems provide support to nurses' hand hygiene performance? Using gamification and indoor location to improve hand hygiene awareness and reduce hospital infections. *BMC Med Inform Decis Mak.* 17 (1):15.
- Marra AR et al. 2010. Measuring rates of hand hygiene adherence in the intensive care setting. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 31 (8):796–801.
- Marra AR et al. 2014. The use of real-time feedback via wireless technology to improve hand hygiene compliance. *Am J Infect Control.* 42 (6):608–611.
- Morgan DJ et al. 2012. Automated hand hygiene count devices may better measure compliance than human observation. *Am J Infect Control.* 40 (10):955–959.
- Muller MP 2016. Measuring hand hygiene when it matters. *The Lancet Infectious Diseases.* 16 (12):1306–1307.
- Pittet D et al. 2000. Effectiveness of a hospital-wide programme to improve compliance with hand hygiene. *The Lancet.* 356 (9238):1307–1312.
- Pittet D et al. 2004. Cost Implications of Successful Hand Hygiene Promotion. *Infection Control & Hospital Epidemiology.* 25 (3):264–266.
- Pittet D et al. 2009. The World Health Organization Guidelines on Hand Hygiene in Health Care and Their Consensus Recommendations. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 30 (07):611–622.
- Rodriguez V et al. 2015. A multimodal intervention to improve hand hygiene in ICUs in Buenos Aires, Argentina. *Int J Qual Health Care.* 27 (5):405–411.

- Sax H et al. 2007. 'My five moments for hand hygiene': a user-centred design approach to understand, train, monitor and report hand hygiene. *J Hosp Infect.* 67 (1):9–21.
- Sax H et al. 2009. The World Health Organization hand hygiene observation method. *Am J Infect Control.* 37 (10):827–834.
- Scheithauer S et al. 2011. Handehygiene--einfach, aber nicht trivial. *Laryngorhinootologie.* 90 (7):434-43; quiz 444-6.
- Scheithauer S et al. 2017. Workload even affects hand hygiene in a highly trained and well-staffed setting: a prospective 365/7/24 observational study. *J Hosp Infect.* 97 (1):11–16.
- Schwadtke L et al. 2014. Hygienische Handedesinfektion - Leitlinien-Compliance auf Intensivstationen eines Universitätsklinikums mit chirurgischem Schwerpunkt. *Dtsch Med Wochenschr.* 139 (25-26):1341–1345.
- Schwarzer R und Luszczynska A 2005. Compliance als universelles Problem des Gesundheitsverhaltens. Göttingen, Germany: Hogrefe.
- Semmelweis IP und Györy Tv 1905. Semmelweis' gesammelte Werke. Jena: Fischer.
- Stewardson AJ et al. 2016. Enhanced performance feedback and patient participation to improve hand hygiene compliance of health-care workers in the setting of established multimodal promotion: a single-centre, cluster randomised controlled trial. *The Lancet Infectious Diseases.* 16 (12):1345–1355.
- Suerbaum S et al. 2012. Medizinische Mikrobiologie und Infektiologie. Berlin Heidelberg: Springer.
- Swoboda SM et al. 2007. Isolation status and voice prompts improve hand hygiene. *Am J Infect Control.* 35 (7):470–476.
- Tartari E et al. 2017. The global hand-sanitizing relay: promoting hand hygiene through innovation. *J Hosp Infect.* 95 (2):189–193.
- Tejada CJ und Bearman G 2015. Hand Hygiene Compliance Monitoring. *Curr Infect Dis Rep.* 17 (4):16.
- van de Mortel T und Murgu M 2006. An examination of covert observation and solution audit as tools to measure the success of hand hygiene interventions. *Am J Infect Control.* 34 (3):95–99.
- Walker JL et al. 2014. Hospital hand hygiene compliance improves with increased monitoring and immediate feedback. *Am J Infect Control.* 42 (10):1074–1078.
- WHO 2009. WHO guidelines on hand hygiene in health care. Geneva: WHO.

8.2 QUELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1: http://www.aktion-Sauberehaende.de/fileadmin/ash/downloads/postkarten_sticker/postkarte_5_indikationen_who.jpg (abgerufen am 23.09.2017)

Abbildung 2:
https://www.google.de/search?q=anleitung+korrekte+h%C3%A4ndedesinfektion&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjggqS_-7vWAhUEPVAKHeOiAZwQ_AUICygC&biw=1600&bih=770#imgrc=Tx4ol66bVd6deM
: (abgerufen am 23.09.2017)

Abbildung 3: modifizierte Grafik, als Grundlage diente die Informationsbroschüre „Prototypische Ermittlung von Händedesinfektionsereignissen anhand der elektronischen Patientenakte in COPRA 5“ von Michael Stephan (OPHARDT) und Matthias Rein (Informationsbridge), zugesandt durch Herrn Harald Pöpke am 25.2.2015

Abbildung 4: modifizierte Grafik, als Grundlage diente eine Bilddatei aus COPRA 5, zugesandt durch Dr. med. Stefan Hagel am 10.04.2017

Abbildung 5: modifizierte Grafik, als Grundlage diente die Datei „out_Ophardt_02.07.15_DEBUG.csv“, abgerufen am 22.02.2016

Abbildung 6: modifizierte Grafik, als Grundlage diente die Informationsbroschüre „Prototypische Ermittlung von Händedesinfektionsereignissen anhand der elektronischen Patientenakte in COPRA 5“ von Michael Stephan (OPHARDT) und Matthias Rein (Informationsbridge), zugesandt durch Herrn Harald Pöpke am 25.2.2015

Abbildung 7: ALERTS-Beobachtungsbogen des Universitätsklinikums der FSU Jena, bearbeitet

9. ANHANG

Beobachtungsbogen ITS 1

Zimmer: _____	PF: _____	Pat.: _____	Bemerkungen:
Beginn: ____ : ____	Spender-Nr.: _____		
Ende: ____ : ____			
Datum (TT / MM / JJ): ____ / ____ / ____			
Bogennummer: _____		nicht indiziert:	

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
1	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
2	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
3	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
4	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
5	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
6	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
7	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
8	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
9	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

Berufsgruppe:

HD-Gel.	Indikation	Aktion
10	<input type="checkbox"/> vor Patk <input type="checkbox"/> vor asept <input type="checkbox"/> nach inf <input type="checkbox"/> nach Patk <input type="checkbox"/> nach Um	Ja <input type="checkbox"/> Alk <input type="checkbox"/> NWLAN <input type="checkbox"/> Nein

* 1. Innere - 2. Interdisziplinär - 3. Chirurgie - 4. andere operative Fächer - 5. andere konservative Fächer - 6. Pädiatrie - 7. Neonatologie, 9. Funktionsbereich, 10. Reha

Abbildung 7: ALERTS-Beobachtungsbogen des Universitätsklinikums Jena, leicht modifiziert

Tabelle 11: Übersicht der Daten aus den Einzelmessungen

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1	100	60	60,00%	400	222	55,50%	21	11	21,00%	
2	1	105	48	45,71%	420	238	56,67%	40	10	38,10%	
3	1	150	62	41,33%	600	298	49,67%	39	8	26,00%	VW
4	1	107	60	56,07%	428	270	63,08%	31	8	28,97%	VW
5	1	147	88	59,86%	588	352	59,86%	50	13	34,01%	VW
6	1	99	34	34,34%	396	226	57,07%	25	19	25,25%	
7	1	117	60	51,28%	468	238	50,85%	20	4	17,09%	3x VW
8	1	116	66	56,90%	464	400	86,21%	23	8	19,83%	1x V, VW
9	2	118	86	72,88%	472	260	55,08%	28	4	23,73%	
10	1	133	36	27,07%	532	196	36,84%	31	17	23,31%	
11	2	108	32	29,63%	432	130	30,09%	14	8	12,96%	
12	1	85	42	49,41%	340	152	44,71%	9	4	10,59%	
13	1	128	62	48,44%	512	292	57,03%	41	11	32,03%	
14	1	110	44	40,00%	440	244	55,45%	44	8	40,00%	VW
15	1	117	58	49,57%	468	254	54,27%	36	9	30,77%	VW
16	1	100	22	22,00%	400	148	37,00%	39	7	39,00%	
17	2	65	16	24,62%	260	136	52,31%	26	12	40,00%	VW
18	1	117	52	44,44%	468	194	41,45%	21	6	17,95%	2x VW
19	1	77	28	36,36%	308	176	57,14%	28	17	36,36%	
20	1	110	72	65,45%	440	226	51,36%	37	12	33,64%	VW
21	1	105	64	60,95%	420	356	84,76%	23	16	21,90%	1x V
22	1	136	56	41,18%	544	176	32,35%	39	19	28,68%	2x V
23	2	120	74	61,67%	480	180	37,50%	23	4	19,17%	3x VW
24	2	101	56	55,45%	404	226	55,94%	21	4	20,79%	2x VW
25	1	126	42	33,33%	504	278	55,16%	30	12	23,81%	1x V
26	1	125	38	30,40%	500	214	42,80%	38	13	30,40%	1x V, 4x VW
27	1	152	30	19,74%	608	140	23,03%	36	11	23,68%	4-5x VW
28	1	126	42	33,33%	504	202	40,08%	46	19	36,51%	
29	1	73	28	38,36%	292	204	69,86%	10	6	13,70%	2x V
30	1	117	28	23,93%	468	206	44,02%	39	8	33,33%	VW
31	1	125	60	48,00%	500	278	55,60%	29	13	23,20%	2x VW
32	2	162	72	44,44%	648	246	37,96%	38	11	23,46%	
33	1	169	88	52,07%	676	362	53,55%	31	2	18,34%	VW
34	1	93	36	38,71%	372	218	58,60%	20	4	21,51%	
35	2	161	88	54,66%	644	302	46,89%	42	22	26,09%	1x V
36	1	130	56	43,08%	520	274	52,69%	29	10	22,31%	
37	1	108	42	38,89%	432	234	54,17%	54	15	50,00%	
38	1	168	80	47,62%	672	256	38,10%	38	9	22,62%	4x VW
39	2	93	38	40,86%	372	178	47,85%	18	7	19,35%	
40	1	137	44	32,12%	548	236	43,07%	40	8	29,20%	VW
41	1	110	78	70,91%	440	284	64,55%	30	4	27,27%	VW

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
42	2	150	78	52,00%	600	352	58,67%	37	10	24,67%	1x V, 1x VW
43	1	123	34	27,64%	492	204	41,46%	44	15	35,77%	2x VW
44	1	103	70	67,96%	412	256	62,14%	37	16	35,92%	VW
45	1	101	22	21,78%	404	166	41,09%	23	5	22,77%	1x V, 5-6 VW
46	2	70	22	31,43%	280	166	59,29%	17	4	24,29%	VW
47	1	167	80	47,90%	668	262	39,22%	45	12	26,95%	3-4x VW
48	2	109	74	67,89%	436	238	54,59%	23	8	21,10%	
49	1	82	32	39,02%	328	216	65,85%	23	5	28,05%	
50	2	108	46	42,59%	432	232	53,70%	21	8	19,44%	VW
51	1	153	44	28,76%	612	264	43,14%	47	11	30,72%	
52	2	92	60	65,22%	368	268	72,83%	23	10	25,00%	VW
53	1	154	60	38,96%	616	154	25,00%	42	5	27,27%	
54	2	129	96	74,42%	516	129	25,00%	37	13	28,68%	
55	1	152	102	67,11%	608	334	54,93%	48	10	31,58%	1x V, 3x VW
56	2	132	56	42,42%	528	182	34,47%	19	3	14,39%	2x VW
57	1	127	66	51,97%	508	368	72,44%	46	15	36,22%	2x V
58	2	128	86	67,19%	512	320	62,50%	18	6	14,06%	2x VW
59	1	166	18	10,84%	664	186	28,01%	28	11	16,87%	2x V, 2x VW
60	2	120	66	55,00%	480	264	55,00%	37	18	30,83%	
61	1	198	54	27,27%	792	396	50,00%	38	8	19,19%	3x VW
62	2	105	42	40,00%	420	214	50,95%	29	15	27,62%	
Summe		7515	3376	45,04%			50,65%	1959	621	26,25%	
124 h		61/h						16 HD/h	5 HD/h		

Legende für Tabelle 11:

- A Nummer der Messeinheit
- B Schicht (1 = Frühschicht, 2 = Spätschicht)
- C Indikationszahl direkte Beobachtung (2 h-Intervall)
- D Indikationszahl Algorithmus (2 h-Intervall)
- E Anteil der Übereinstimmung $((D/C)*100)$
- F Indikationszahl direkte Beobachtung (8 h-Intervall)
- G Indikationszahl Algorithmus (8 h-Intervall)
- H Anteil der Übereinstimmung $((G/F)*100)$
- I erfolgte HD
- J nicht indizierte HD
- K Compliance (I/C)
- L Anmerkungen

- V Verlegung
- VW Verbandswechsel

Tabelle 12: beobachtete erfolgte HD nach Berufsgruppen und Indikationen

Nr.	Datum	A	PF	MS	AND	1	2	3	4	5	Summe
1	27.4.	1	19	0	1	1	0	6	6	8	42
2	1.5.	6	33	1	0	2	4	13	5	16	80
3	2.5.	11	28	0	0	0	2	14	7	16	78
4	6.5.	5	23	2	1	1	3	15	4	8	62
5	11.5.	4	43	3	0	2	2	15	14	17	100
6	13.5.	0	22	0	3	0	0	5	4	16	50
7	14.5.	1	16	0	3	0	1	7	4	8	40
8	18.5.	7	14	1	1	0	0	5	4	14	46
9	20.5.	7	19	2	0	1	1	6	5	15	56
10	22.5.	6	16	2	7	0	1	7	7	16	62
11	27.5.	0	13	1	0	0	0	7	5	2	28
12	28.5.	0	5	3	1	0	0	3	1	5	18
13	29.5.	12	28	1	0	2	3	6	9	21	82
14	1.6.	5	23	14	2	0	0	3	11	30	88
15	3.6.	6	22	5	3	3	1	7	10	15	72
16	8.6.	2	34	0	3	1	0	7	15	16	78
17	10.6.	1	22	3	0	0	2	7	3	14	52
18	12.6.	3	15	0	3	1	0	5	4	11	42
19	15.6.	9	13	1	5	2	0	1	9	16	56
20	17.6.	5	32	0	0	2	2	12	6	15	74
21	19.6.	0	19	0	4	1	1	6	8	7	46
22	23.6.	5	34	0	0	1	4	6	7	21	78
23	24.6.	5	15	3	0	2	0	3	9	9	46
24	25.6.	1	17	3	0	1	0	4	5	11	42
25	1.7.	4	26	0	0	1	1	10	5	13	60
26	2.7.	8	26	2	2	1	3	6	13	15	76
27	3.7.	9	23	0	4	2	0	7	9	18	72
28	6.7.	7	39	0	0	2	1	13	11	19	92
29	7.7.	1	6	2	1	0	2	2	2	4	20
30	8.7.	11	21	3	4	1	2	10	4	22	78
31	9.7.	1	24	1	3	1	1	3	14	10	58
32	10.7.	8	27	3	0	2	3	8	7	18	76
33	13.7.	7	19	4	1	2	0	6	13	10	62
34	14.7. I	3	17	0	0	3	2	3	3	9	40
35	14.7. II	9	33	0	0	0	3	3	5	31	84
36	15.7.	5	20	2	2	1	0	5	13	10	58
37	16.7.	15	35	4	0	11	3	4	16	20	108
38	20.7. I	1	30	7	0	5	5	13	9	6	76
39	20.7. II	4	14	0	0	3	1	1	5	8	36
40	21.7.	1	37	1	1	0	0	13	10	17	80
41	22.7.	8	21	0	1	0	0	2	8	20	60
42	23.7.	4	33	0	0	0	1	6	7	23	74
43	24.7.	8	28	7	1	6	2	3	18	15	88
44	25.7.	6	28	2	1	0	0	6	8	23	74
45	6.8. I	4	19	0	0	1	4	5	7	6	46
46	6.8. II	0	15	1	1	0	0	4	1	12	34
47	7.8. I	6	39	0	0	0	2	10	3	30	90
48	7.8. II	7	12	3	1	0	0	7	6	10	46
49	24.8. I	3	18	0	2	2	0	4	3	14	46
50	24.8. II	2	19	0	0	0	1	2	5	13	42
51	28.8. I	4	40	3	0	0	5	8	4	30	94
52	28.8. II	6	17	0	0	0	0	5	2	16	46
53	31.8. I	5	32	0	5	2	4	6	11	19	84
54	31.8. II	9	28	0	0	0	2	6	6	23	74
55	1.9. I	12	24	11	1	6	2	10	12	18	96
56	1.9. II	6	12	0	1	0	0	5	2	12	38
57	2.9. I	2	34	8	2	2	1	11	6	26	92
58	2.9. II	4	13	1	0	0	1	4	4	9	36
59	3.9. I	2	23	2	1	3	1	3	4	17	56
60	3.9. II	0	35	2	0	0	1	3	6	27	74
61	4.9. I	2	29	6	1	1	1	5	9	22	76
62	4.9. II	1	27	1	0	0	0	4	2	23	58
Summe		297	1468	121	73	81	82	396	435	965	3918

Tabelle 13: beobachtete indizierte HD nach Berufsgruppen und Indikationen

Nr.	Datum	A	PF	MS	AND	1	2	3	4	5	Summe
1	27.4.	6	91	0	3	13	19	32	8	28	200
2	1.5.	9	94	1	1	11	25	33	6	30	210
3	2.5.	22	114	0	14	20	35	36	15	44	300
4	6.5.	13	88	4	2	11	27	28	9	32	214
5	11.5.	12	130	5	0	16	38	38	17	38	294
6	13.5.	0	90	0	9	13	21	25	6	34	198
7	14.5.	4	109	0	4	13	39	19	8	38	234
8	18.5.	15	98	1	2	10	41	26	6	33	232
9	20.5.	26	89	3	0	16	33	15	9	45	236
10	22.5.	14	95	2	22	17	31	31	8	46	266
11	27.5.	9	98	1	0	9	31	20	8	40	216
12	28.5.	0	68	6	11	12	20	20	4	29	170
13	29.5.	27	92	1	8	24	30	20	12	42	256
14	1.6.	16	64	26	4	17	18	12	15	48	220
15	3.6.	14	87	5	11	17	27	20	17	36	234
16	8.6.	4	86	0	10	20	13	13	22	32	200
17	10.6.	11	44	10	0	11	20	11	6	17	130
18	12.6.	13	93	0	11	15	32	27	12	31	234
19	15.6.	12	55	1	9	16	12	6	12	31	154
20	17.6.	13	96	0	1	14	37	21	7	31	220
21	19.6.	10	83	0	12	20	22	21	18	24	210
22	23.6.	20	100	1	15	19	43	15	13	46	272
23	24.6.	25	88	4	3	22	32	11	17	38	240
24	25.6.	14	84	3	0	11	25	16	12	37	202
25	1.7.	13	113	0	0	14	30	26	9	47	252
26	2.7.	23	78	3	21	27	22	23	26	27	250
27	3.7.	14	124	0	14	20	31	26	21	54	304
28	6.7.	17	108	0	1	19	27	21	15	44	252
29	7.7.	2	59	2	10	6	17	21	2	27	146
30	8.7.	28	73	3	13	20	18	20	12	47	234
31	9.7.	11	107	1	6	19	40	20	17	29	250
32	10.7.	24	133	4	1	13	38	22	13	76	324
33	13.7.	44	119	4	2	35	43	21	23	47	338
34	14.7. I	19	62	0	12	14	19	20	14	26	186
35	14.7. II	31	129	1	0	14	47	18	11	71	322
36	15.7.	15	107	4	4	22	19	17	19	53	260
37	16.7.	26	78	4	0	24	19	9	18	38	216
38	20.7. I	2	153	7	6	22	54	30	16	46	336
39	20.7. II	9	84	0	0	21	21	6	15	30	186
40	21.7.	4	129	2	2	17	31	25	13	51	274
41	22.7.	17	91	0	2	13	31	15	12	39	220
42	23.7.	26	118	0	6	26	36	26	16	46	300
43	24.7.	13	98	7	5	26	19	12	25	41	246
44	25.7.	7	93	2	1	18	28	15	9	33	206
45	6.8. I	8	92	0	1	10	40	23	10	18	202
46	6.8. II	3	64	1	2	4	18	7	3	38	140
47	7.8. I	12	155	0	0	11	66	23	4	63	334
48	7.8. II	11	90	4	4	11	35	22	9	32	218
49	24.8. I	3	75	0	4	6	26	16	6	28	164
50	24.8. II	7	101	0	0	11	34	11	6	46	216
51	28.8. I	19	125	3	6	18	36	18	17	64	306
52	28.8. II	13	79	0	0	5	34	14	3	36	184
53	31.8. I	17	113	0	24	25	44	20	19	46	308
54	31.8. II	20	109	0	0	12	36	14	11	56	258
55	1.9. I	31	105	14	2	20	48	29	14	41	304
56	1.9. II	16	111	1	4	15	39	22	8	48	264
57	2.9. I	6	106	9	6	20	17	31	12	47	254
58	2.9. II	13	114	1	0	14	42	27	10	35	256
59	3.9. I	18	145	2	1	23	37	30	17	59	332
60	3.9. II	6	109	2	3	15	32	10	13	50	240
61	4.9. I	6	173	7	12	15	68	41	13	61	396
62	4.9. II	4	99	2	0	11	36	12	4	42	210
Summe		867	6157	164	327	1003	1949	1279	752	2532	15030

Legende für Tab. 12 und 13:						1	vor Patientenkontakt				
A	Ärzte					2	vor aseptischer Tätigkeit				
PF	Pflegepersonal					3	nach Kontakt mit pot. inf. Material				
MS	Medizinstudent					4	nach Patientenkontakt				
AND	Andere					5	nach Kontakt mit Patientenumgebung				

Tabelle 14: Dokumentation der Beobachtungsepisode vom 2.07.2015 (Einzelmessung Nr. 26)

Nr.	A	B	C
1	2	5	1
2	2	5	1
3	2	2	2
4	3	5	1
5	2	2	1
6	2	2	2
7	2	2	2
8	2	2	2
9	2	1	2
10	2	1	2
11	2	3	2
12	2	4	1
13	2	3	2
14	2	3	2
15	2	2	2
16	2	3	2
17	2	5	2
18	2	4	1
19	2	3	2
20	2	2	2
21	2	3	1
22	1	5	1
23	2	1	2
24	2	2	2
25	2	3	1
26	2	3	2
27	2	2	2
28	2	2	2
29	1	3	2
30	2	5	1
31	5	5	1
32	2	3	1
33	2	5	1
34	2	5	1
35	2	5	1
36	2	5	2
37	2	2	2
38	1	5	2
39	1	5	1
40	1	3	2
41	2	2	2
42	2	3	2

43	1	1	1
44	1	5	1
45	1	4	1
46	2	5	2
47	2	2	2
48	2	3	2
49	1	4	1
50	1	1	2
51	2	1	2
52	2	3	1
53	1	1	2
54	1	1	2
55	1	2	2
56	1	3	1
57	1	5	1
58	2	2	2
59	2	4	1
60	5	1	2
61	2	2	1
62	5	4	2
63	5	1	2
64	5	4	2
65	2	2	2
66	5	1	2
67	5	4	2
68	5	1	2
69	2	4	2
70	2	2	1
71	2	3	2
72	2	4	1
73	2	4	1
74	1	1	2
75	1	1	2
76	2	1	2
77	2	1	2
78	1	1	2
79	5	1	2
80	2	3	2
81	5	4	1
82	5	5	2
83	5	5	2
84	1	4	2
85	1	4	2

86	1	3	2
87	2	4	2
88	2	3	2
89	1	5	2
90	1	3	2
91	2	4	1
92	2	4	2
93	2	5	2
94	2	5	1
95	2	5	2
96	2	3	2
97	2	5	2
98	2	1	2
99	2	2	2
100	2	1	2
101	2	4	1
102	5	5	2
103	3	5	1
104	2	2	2
105	2	3	1
106	2	4	1
107	2	1	2
108	2	3	2
109	2	2	2
110	3	5	2
111	2	4	1
112	5	1	2
113	5	1	2
114	2	1	2
115	2	1	2
116	5	4	2
117	2	4	2
118	5	4	2
119	5	1	2
120	5	1	2
121	5	4	2
122	5	4	2
123	2	4	1
124	2	5	1
125	2	2	2

Legende für Tabelle 14:

Nr.: Nummer der HD-Gelegenheit

A: Berufsgruppe

B: Indikation

C: HD durchgeführt ja/nein

Datum:	02.07.2015
Zeitraum:	10:08 - 12:08
Schicht:	1
Zimmer:	7
Anzahl Pat.:	4
nicht indizierte HD:	13

Berufsgruppe	indizierte HD	erfolgte HD
1 (Arzt/Ärztin)	23	8
2 (Pfleger)	78	26
3 (Medizinstudent)	3	2
5 (andere)	21	2

Indikation	indizierte HD	erfolgte HD
1	1	27
2	3	22
3	6	23
4	13	26
5	15	27

Tabelle 15: Daten für Bland Altman Plot

Beob.-Nr.	A	B	A-B	(A+B)/2
1	100	60	40	80
2	105	48	57	76,5
3	150	62	88	106
4	107	60	47	83,5
5	147	88	59	117,5
6	99	34	65	66,5
7	117	60	57	88,5
8	116	66	50	91
9	118	86	32	102
10	133	36	97	84,5
11	108	32	76	70
12	85	42	43	63,5
13	128	62	66	95
14	110	44	66	77
15	117	58	59	87,5
16	100	22	78	61
17	65	16	49	40,5
18	117	52	65	84,5
19	77	28	49	52,5
20	110	72	38	91
21	105	64	41	84,5
22	136	56	80	96
23	120	74	46	97
24	101	56	45	78,5
25	126	42	84	84
26	125	38	87	81,5
27	152	30	122	91
28	126	42	84	84
29	73	28	45	50,5
30	117	28	89	72,5
31	125	60	65	92,5
32	162	72	90	117
33	169	88	81	128,5
34	93	36	57	64,5
35	161	88	73	124,5
36	130	56	74	93
37	108	42	66	75
38	168	80	88	124
39	93	38	55	65,5
40	137	44	93	90,5

Beob.-Nr.	A	B	A-B	(A+B)/2
41	110	78	32	94
42	150	78	72	114
43	123	34	89	78,5
44	103	70	33	86,5
45	101	22	79	61,5
46	70	22	48	46
47	167	80	87	123,5
48	109	74	35	91,5
49	82	32	50	57
50	108	46	62	77
51	153	44	109	98,5
52	92	60	32	76
53	154	60	94	107
54	129	96	33	112,5
55	152	102	50	127
56	132	56	76	94
57	127	66	61	96,5
58	128	86	42	107
59	166	18	148	92
60	120	66	54	93
61	198	54	144	126
62	105	42	63	73,5

Mittelwert	66,76	
Standardabweichung	25,35	
limits of agreement (LOA)	obere LOA	untere LOA
	116,45	17,06
95%-Konfidenzintervall	105,44 -	6,07 -
	127,45	28,08

Legende für Tabelle 15:

- A Summe der einzeln beobachteten Indikationen
B Summe der errechneten Indikationen

Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung gemessener Indikationen pro 2-h-Beobachtungseinheit von direkter Beobachtung und Algorithmus

Anzahl gemessener Indikationen	direkte Beobachtung	Algorithmus
0-20	0	2
21-40	0	15
41-60	0	23
61-80	4	15
81-100	8	6
101-120	22	1
121-140	14	0
141-160	7	0
161-180	6	0
181-200	1	0

9.1 TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1: Berufsgruppen</i>	25
<i>Tabelle 2: Indikationen</i>	25
<i>Tabelle 3: Validierung des Autors</i>	28
<i>Tabelle 4: Kreuztabelle zur Gegenüberstellung von beobachteter und erwarteter HD-Anzahl zwischen Autor und Hygienefachpersonal</i>	29
<i>Tabelle 5: Kappa-Koeffizient als Maß der Übereinstimmung von Hygienepersonal und Autor</i>	30
<i>Tabelle 6: Regressionsanalyse</i>	33
<i>Tabelle 7: wichtige Tätigkeiten mit Anzahl der erforderlichen und berechneten HD</i>	34
<i>Tabelle 8: Indikationsanzahl von direkter Beobachtung und Algorithmus aufgeschlüsselt nach WHO-Indikationen am Beispiel der Einzelmessung vom 20.05.2015</i>	36
<i>Tabelle 9: indikationsbezogene Compliance</i>	37
<i>Tabelle 10: berufsgruppenbezogene Compliance</i>	38
<i>Tabelle 11: Übersicht der Daten aus den Einzelmessungen</i>	53
<i>Tabelle 12: beobachtete erfolgte HD nach Berufsgruppen und Indikationen</i>	56
<i>Tabelle 13: beobachtete indizierte HD nach Berufsgruppen und Indikationen</i>	57
<i>Tabelle 14: Dokumentation der Beobachtungsepisode vom 2.07.2015 (Einzelmessung Nr. 26)</i>	58
<i>Tabelle 15: Daten für Bland Altman Plot</i>	59
<i>Tabelle 16: Häufigkeitsverteilung gemessener Indikationen pro 2-h-Beobachtungseinheit von direkter Beobachtung und Algorithmus</i>	60

9.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1: fünf Indikationen der hygienischen Händedesinfektion</i>	11
<i>Abbildung 2: korrekte Durchführung der hygienischen Händedesinfektion</i>	12
<i>Abbildung 3: Datentabelle Pflegemaßnahmen</i>	20
<i>Abbildung 4: Beispieldarstellung COPRA-Oberfläche</i>	21
<i>Abbildung 5: Dateiausschnitt „out_Ophardt_DEBUG.csv“ für den 1.05.2015</i>	21
<i>Abbildung 6: schematische Darstellung der Talend Transformation</i>	22
<i>Abbildung 7: ALERTS-Beobachtungsbogen des Universitätsklinikums Jena, leicht modifiziert</i>	53
<i>Diagramm 1: Verteilung der Anzahl erforderlicher HD je 2-h-Beobachtungseinheit</i>	30
<i>Diagramm 2: Anteil mittels Algorithmus erfasster HD-Indikationen von HD-Indikationen insgesamt bezogen auf die 2-Stunden-Intervalle (%)</i>	32
<i>Diagramm 3: Bland Altman Plot zur Beurteilung der Übereinstimmung von Algorithmus und direkter Beobachtung</i>	33
<i>Diagramm 4: durchschnittliche Indikationen pro Schicht</i>	35
<i>Diagramm 5: indikationsbezogene Compliance</i>	37
<i>Diagramm 6: berufsgruppenbezogene Compliance</i>	38

9.3 LEBENS LAUF

Name, Vorname	Gehring, Konrad
Geburtsdatum	31.03.1991
Geburtsort	Schlema
Staatsangehörigkeit	deutsch
Schulische Ausbildung	
1997 – 2001	Pestalozzi-Grundschule Neustädtel
2001 – 2009	Johann-Gottfried-Herder-Gymnasium in Schneeberg
Schulabschluss	
26/6/2009	Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife, Abiturnote 1,4
Sprachkenntnisse	
Englisch	acht Jahre, Sprachzertifikat B2/C1
Latein	vier Jahre
Hochschulstudium	
10/2010	Beginn des Studiums der Humanmedizin an der FSU Jena
08/2012	Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung - Gut - bestanden
09 – 11/2016	Auslandsfamulatur Kiwoko Hospital, Uganda
10/2016	Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung - Gut - bestanden
05/2017 – 04/2018	Praktisches Jahr
05/2018	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung - Gut - bestanden
Sonstiges	
seit 2008	Führerschein Klasse B
08/2009 – 04/2010	Zivildienst im Helios Klinikum Aue

Datum	Unterschrift
-------	--------------

9.4 DANKSAGUNG

Herzlich möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Pletz danken, dass ich die Möglichkeit hatte, am Institut für Infektionsmedizin und Krankenhaushygiene an dieser Promotion zu arbeiten; und für die Begutachtung des Manuskripts.

Mein besonderer und herzlicher Dank gilt Herrn Dr. med. Stefan Hagel für die hervorragende und unkomplizierte Betreuung, die wertvollen Ratschläge und schnelle Beantwortung meiner Fragen ebenso wie das mehrmalige Korrekturlesen dieser Arbeit. Sein Engagement war nicht selbstverständlich und ein wichtiges Element für mich bei der Fertigstellung der Promotion.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Harald Pöpke von der Firma OPHARDT Hygiene AG für das Erstellen des Algorithmus bedanken. Michael Stephan von Ophardt sowie Matthias Rein von der Firma Informationsbridge danke ich für die hilfreichen Informationen zur Funktionsweise des Algorithmus. Herrn Florian Reißner bin ich sehr dankbar für die Bereitstellung eines Klinikums-internen Webmail-Accounts zum Abrufen der Algorithmus-Daten.

Ein weiteres Dankeschön möchte ich an die Hygieneschwestern vom ALERTS-Team richten, die mich freundlich und hilfsbereit in die direkte Beobachtung der Händehygiene einführten und bei Fragen als Ansprechpartner zur Verfügung standen.

Frau Dr. Hoyer vom Institut für medizinische Statistik danke ich für die freundliche und kompetente Betreuung bei Fragestellungen zur Statistik.

Meiner Familie und meinen Freunden gebührt ein großer Dank für die treue Unterstützung und stete Motivation sowie den Glauben an die Fertigstellung dieser Promotion.

Meinem Gott danke ich, dass er mich durch seine Gnade bis hierher geführt hat.

9.5 EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Herr Prof. Dr. med. Pletz, Herr Dr. med. Stefan Hagel, Frau Dr. Heike Hoyer,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Ort, Datum

Unterschrift des Verfassers